DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Fünfter Jahrgang. 2. Februar 1917. Heft 5.

Die Bedeutung der physikalischen Erkenntnistheorie Machs für das Geistesleben der Gegenwart[1]).

Von Prof. Dr. Philipp Frank, Prag.

Es ist etwas Merkwürdiges um die Lehren *Machs*. Von den Philosophen werden sie oft als Werke eines in ihre Wissenschaft nur dilettantisch hineinredenden Physikers bespöttelt oder herablassend abgelehnt; von den Physikern werden sie häufig als Verirrungen vom richtigen Pfade der soliden realistischen Naturwissenschaft bedauert. Und doch kommen Philosophen und Physiker, ja auch Historiker und Soziologen und viele andere nicht los von *Mach*. Die einen bekämpfen ihn leidenschaftlich, die anderen verherrlichen ihn begeistert. Es geht etwas Faszinierendes von diesen so schlichten Lehren aus; trotz ihrer Schlichtheit etwas Reizendes und Aufreizendes. Es gibt wenige Denker, die so scheidend und trennend auf die Geister wirken, die den einen so begeistern, dem anderen so dem innersten Wesen nach widerwärtig sind. Was steckt in diesen Lehren, daß keiner, mag er welcher Gesinnung immer sein, sich der Aufgabe entziehen kann, zu ihnen irgendwie Stellung zu nehmen?

Darüber möchte ich in dem vorliegenden Aufsatz sprechen. Ich habe mir eine ganz bestimmte Ansicht darüber gebildet, welche Stellung *Mach* im Geistesleben unserer Zeit einnimmt, und diese Stellung, glaube ich, wird es erklären, warum der Kampf so leidenschaftlich um ihn tobt. Es handelt sich dabei nicht um die oft individuell und historisch bedingten Einzelheiten der Machschen Lehren, sondern um deren Kern, der eben den Brennpunkt der Kämpfe ausmacht. Ich will daher hier nicht über die allgemeine Stellung *Machs* zum psychophysischen Problem sprechen, nicht über seine physikalischen und psychologischen Einzelleistungen, sondern nur über seine Auffassung von den Aufgaben und möglichen Zielen der exakten Naturwissenschaft.

Gerade in den letzten Jahren macht sich immer stärker bei den schöpferisch tätigen Physikern und Mathematikern eine Reaktion gegen die Machschen Auffassungen bemerkbar. Wenn einer der hervorragendsten theoretischen Physiker unserer Zeit, *Max Planck*[2]), und einer der ersten lebenden Geometer *E. Study*[1]) diese Ansichten als für ihre Wissenschaft teils irreführend, teils undurchführbar, teils geradezu schädlich bezeichnen, so muß das zu denken geben und man kann nicht leichthin darüber hinweggehen.

Was einem Forscher von der ausgesprochen stark konstruktiven Begabung *Plancks* an den Ansichten *Machs* so durchaus mißfällt, ist vor allem ein Werturteil. Für den Forscher ist jede neue Theorie, die sich auch durch das Experiment stützen läßt, ein Stück neuentdeckte Realität; nach *Mach* aber ist die Physik nichts als eine Sammlung von Aussagen über die Verknüpfung von Sinnesempfindungen und die Theorien nichts als ökonomische Ausdruckweisen für die Zusammenfassung dieser Verknüpfungen.

„Das Ziel der Naturwissenschaft", sagt *Mach*[3]), „ist der Zusammenhang der Erscheinungen. Die Theorien aber sind wie dürre Blätter, welche abfallen, wenn sie den Organismus der Wissenschaft eine Zeitlang in Atem gehalten haben." Dieser, wie man sie nennt, phänomenalistischen Auffassung war bekanntlich schon *Goethe*. In dem Nachlaß zu den Maximen und Reflexionen heißt es: „Hypothesen sind Gerüste, die man vor dem Gebäude aufführt, und die man abträgt, wenn das Gebäude fertig ist. Sie sind dem Arbeiter unentbehrlich; nur muß er das Gerüste nicht für das Gebäude ansehen." Und noch drastischer: „Die Konstanz der Phänomene ist allein bedeutend; was wir dabei denken, ist ganz einerlei."

Nun wird man sagen, *Goethe* war auch wirklich kein tüchtiger Physiker und man sieht an ihm, wie solche Grundsätze den Forschergeist hemmen. So sagt *Planck*[3]): „Als die großen Meister der exakten Naturforschung ihre Ideen in die Wissenschaft warfen, als *Nicolaus Copernicus* die Erde aus dem Zentrum der Welt entfernte, als *Johannes Kepler* die nach ihm benannten Gesetze formulierte, als *Isaac Newton* die allgemeine Gravitation entdeckte .... die Reihe wäre noch lange fortzusetzen — da waren ökonomische Gesichtspunkte sicher die allerletzten, welche diese Männer in ihrem Kampfe gegen überlieferte Anschauungen und gegen überragende Autoritäten stählten. Nein — es war ihr felsenfester, sei es auf künstlerischer, sei es auf religiöser Basis

[1]) Ich setze in diesem Aufsatze voraus, daß der Leser mit den Machschen Anschauungen wenigstens oberflächlich bekannt ist. Ich kann das um so eher, als der in dieser Zeitschrift erschienene ausgezeichnete Nachruf auf *Mach* von *Felix Auerbach* eine solche Orientierung ermöglichte.

[2]) *M. Planck*, Die Einheit des physikalischen Weltbildes, Leipzig, 1909.

[1]) *E. Study*, Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume, Braunschweig, 1914.

[2]) *E. Mach*, Die Geschichte und Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit, Prag, 1872, Neudruck Leipzig, 1909.

[3]) l. c. Seite 36.

ruhender Glaube an die Realität ihres Weltbildes. Angesichts dieser doch gewiß unanfechtbaren Tatsache läßt sich die Vermutung nicht von der Hand weisen, daß, falls das Machsche Prinzip der Ökonomie wirklich einmal in den Mittelpunkt der Erkenntnistheorie gerückt werden sollte, die Gedankengänge solcher führenden Geister gestört, der Flug ihrer Phantasie gelähmt und dadurch vielleicht der Fortschritt der Wissenschaft in verhängnisvoller Weise gehemmt werden würde."

Daß diese Befürchtungen in dieser Allgemeinheit nicht begründet sind, kann man leicht sehen, wenn man sich die Ansichten eines der größten theoretischen Physiker des 19. Jahrhunderts, *J. Cl. Maxwells*[1]), über das Wesen der physikalischen Theorien ins Gedächtnis ruft. Man braucht nur die Einleitung zu seiner Abhandlung über *Faradays* Kraftlinien aus dem Jahre 1855 zu lesen, um ihn völlig als Anhänger des phänomenalistischen Standpunktes zu finden, ohne daß man doch irgendwie von ihm behaupten könnte, daß dadurch der Flug seiner Phantasie gelähmt worden wäre. Ja im Gegenteil. Die Auffassung von dem relativen Unwert der Theorie gegenüber dem Phänomen verleiht dem Theoretisieren solcher Forscher etwas ganz besonders Freies und Phantasievolles.

Ich will übrigens zugeben, daß die phänomenalistische Lehre jenen entgegenkommt, die eine mehr registrierende als konstruktive Tätigkeit in der Physik verfolgen. Mancher, der imstande ist, bestimmte, wenn auch sehr spezielle Phänomene reinlich zu beschreiben, mag sich durch diese Lehre erhaben dünken über den phantasievollen schöpferischen Geist, dessen Gebäude ja doch nur Hirngespinste sind und „dürre Blätter". Ich glaube aber nicht, daß bei so veranlagten Naturen die Machsche Philosophie die Phantasie gelähmt hat, sondern daß eine von Natur lahme Phantasie sich die Machschen Lehren zu einem verhüllenden Prunkgewande zurechtschneidert. Es mögen vielleicht solche Erfahrungen sein, die *Planck* veranlaßt haben, am Schlusse seines schon zitierten Vortrages den Verkündern der phänomenalistischen Lehren die biblischen Worte entgegenzuschleudern: „An ihren Früchten sollt ihr sie erkennen."

Über dieses Kriterium von den Früchten werde ich noch eingehender zu sprechen haben und will zunächst nur ein an dasselbe biblische Gleichnis anknüpfendes Wort von *P. Duhem*[2]) über den Wert und Unwert physikalischer Theorien anführen. Dieser im vorigen Jahre verstorbene bedeutendste Vertreter der Machschen Ideenrichtung in Frankreich sagt: „Nach der Frucht beurteilt man den Baum; der Baum der Wissenschaft wächst außerordentlich langsam; Jahrhunderte verlaufen, ehe man reife Früchte pflücken kann; heute ist es uns noch kaum möglich, den Kern jener Lehren herauszuschälen und abzuschätzen, die im XVII. Jahrhundert blühten. Derjenige, der säet, kann daher nicht beurteilen, was das Korn wert ist, er muß in die Fruchtbarkeit der Saat Vertrauen setzen, damit er unermüdlich, ohne Ermattung der erwählten Furche folgen kann, wenn er seine Ideen den vier Winden des Himmels hinwirft."

Diese Bemerkung des größten und genauesten Kenners der Geschichte der Physik antwortet vielleicht auch schon auf die von *Planck*[1]) ausgesprochene Meinung, „daß schon unser gegenwärtiges Weltbild, obwohl es je nach der Individualität des Forschers noch in den verschiedensten Farben schillert, dennoch gewisse Züge enthält, welche durch keine Revolution, weder in der Natur noch im menschlichen Geiste, je mehr verwischt werden können." Diese bleibenden Züge kommen nach *Mach* eben daher, daß alle möglichen Theorien denselben Zusammenhang zwischen den Phänomenen wiedergeben müssen; das verbürgt schon eine gewisse Konstanz. Die bekannten Verknüpfungen zwischen den Erscheinungen stellen ein Netz dar; die Theorie sucht durch die Knoten und Fäden dieses Netzes eine stetige Fläche zu legen. Die Fläche ist natürlich durch das Netz um so mehr bestimmt, je engmaschiger das Netz wird, so daß bei fortschreitender Erfahrung die Fläche immer kleineren Spielraum bekommt, ohne doch je durch das Netz eindeutig bestimmt zu werden.

Da die Machschen Grundsätze in der Physik zu nichts Gutem führen, ist es nach *Planck* und *Study* für die Physik ein Glück, daß sie von ihren Anhängern nie durchgeführt werden, wenn das auch für die Grundsätze selbst ein betrübendes Zeichen ist. So sagt *Study*[2]) vom Positivismus, wie er die Machsche Lehre nennt: „Wir halten dieses Prinzip für eine vollkommene Utopie. Seine ganze Existenzmöglichkeit beruht darauf, daß es von seinen eigenen Bekennern auf jedem Schritt verleugnet wird. Noch nie ist überhaupt ein ernsthafter Versuch zu seiner Durchführung gemacht worden." „Wir[3]) haben es mit einer prinzipiellen Frage zu tun und müssen daher unterscheiden zwischen der Theorie des Positivismus und der Praxis der zu ihrem Glück durchweg inkonsequenten Positivisten." Ähnlich sagt *Planck*[4]): „Wir gelangen dann zu einer mehr realistischen Ausdrucksweise, ... die ja auch tatsächlich von den Physikern stets angewendet wird, wenn sie in der Sprache *ihrer* Wissenschaft reden."

Und mit beißendem Spott sagt *Study*[5]): „In zahlreichen Fällen werden so die beim offiziellen Empfang schnöde verleugneten Hypothesen (warum nicht auch die Atomistik?) unter anderen Namen und durch eine eigens dazu angebrachte

[1]) *J. Cl. Maxwell*, Über *Faradays* Kraftlinien, herausgegeben von *L. Boltzmann* in Ostwalds Klassikern der ex. Wiss. Nr. 69.

[2]) *P. Duhem*, Die Wandlungen der Mechanik, Deutsch von *Ph. Frank* und *E. Stiasny*, Leipzig, 1912.

[1]) l. c. Seite 35.
[2]) l. c. Seite 36.
[3]) *Study* l. c. Seite 41.
[4]) l. c. Seite 37.
[5]) l. c. Seite 37.

Hinterpforte doch noch in das Heiligtum der Wissenschaft eingelassen. Solcher Namen und entsprechender Motivierungen gibt es nicht wenige. Ziemlich mühelos hat der Verfasser ihrer ein volles Dutzend zusammengebracht: Vollständigste und einfachste Beschreibung (*Kirchhoff*) .... Subjektive Forschungsmittel, Forderung der Denkbarkeit der Tatsachen, Einschränkung der Möglichkeiten, Einschränkung der Erwartung, Ergebnis der analytischen Untersuchung, Ökonomie des Denkens, biologischer Vorteil (diese alle bei *E. Mach*)."

Ebenso spöttisch bemerkt *Planck*[1]: „Es würde mich gar nicht wundern, wenn ein Mitglied der Machschen Schule eines Tages mit der großen Entdeckung herauskäme, daß .... die Realität der Atome gerade eine Forderung der wissenschaftlichen Ökonomie ist."

Auch andere Autoren weisen auf den klaffenden Gegensatz hin, der bei den Verehrern *Machs* zwischen Theorie und Praxis besteht. Es wird eine eigene Theorie vom Wesen der physikalischen Theorien aufgestellt, und sobald die Physik wirklich beginnt, benimmt sich der Positivist meist wie jeder andere Physiker. Ein Anhänger *Machs* ist fähig zu proklamieren, die Physik habe sich nur mit der Verknüpfung der Sinnesempfindungen zu beschäftigen, und der Verkünder dieser Lehre redet als Physiker genau so wie ein anderer von Materie und Energie, ja auch von Atomen und Elektronen.

Ich glaube nun, daß gerade dieser anscheinend so handgreifliche Widersinn zum Verständnis des bleibenden Kernes der Machschen Lehre führen kann. Hören wir noch einmal *Study*[2]: „Die ganze Situation erinnert auffallend an den Vorschlag *Kroneckers*, die Irrationalzahlen abzuschaffen und die Mathematik auf Aussagen über ganze Zahlen zu reduzieren; auch in diesem Fall ist es bei dem Programm geblieben, und aus demselben guten Grunde." Die Analogie ist, wie ich glaube, sehr zutreffend. Nur möchte ich ihr eine andere Deutung geben als *Study*. Es ist selbstverständlich zwecklos, alle Sätze der Mathematik wirklich als Sätze über ganze Zahlen auszusprechen. Aber prinzipiell ist es doch ungemein aufklärend, wenn man weiß, daß alle Sätze über Irrationalzahlen und daher auch alle Sätze über Grenzwerte als Sätze über *ganze* Zahlen ausgesprochen werden *können*. Wenn diese Möglichkeit einmal konstatiert ist, kann sich die ganze Analysis ruhig wie gewöhnlich abwickeln. Aber es kann nicht mehr geschehen, daß, sobald etwa ein Satz über Differentialquotienten aufgestellt ist, jemand an ihm herumzudeuteln beginnt, indem er untersucht, ob denn dieser Satz mit dem „Wesen" des Differentials im Einklang ist und tiefsinnig-skeptische Betrachtungen über dieses „Wesen" anstellt. Man sagt ihm dann einfach: Ich könnte diesen Satz, wenn ich mir genug Zeit nehme, als Satz über ganze Zahlen aussprechen und das Wesen dieses Satzes ist nicht mehr und nicht weniger geheimnisvoll als das der natürlichen Zahlen.

Ganz ähnlich steht es mit der physikalischen Erkenntnistheorie *Machs*. Es kommt nicht darauf an, wirklich alle physikalischen Sätze als Sätze über die Verknüpfung von Sinnesempfindungen auszusprechen; aber es ist wichtig festzustellen, daß nur solche Sätze einen realen Sinn haben, die im Prinzip als Sätze über den Zusammenhang unserer Sinnesempfindungen ausgesprochen werden *können*. Den Satz von der Erhaltung der Energie oder den Satz von der Verteilung der Energie über alle Freiheitsgrade als Sätze über Verknüpfung von Sinnesempfindungen auszusprechen, ist ebenso umständlich, aber auch ebenso überflüssig, wie etwa den Satz, daß der Differentialquotient des Sinus der Kosinus ist, als Satz über ganze Zahlen auszudrücken, obwohl beides sicher im Prinzip möglich ist.

Für den inneren Betrieb der Physik ist es natürlich in den meisten Fällen ziemlich gleichgültig, ob man auf dem Machschen Standpunkt steht oder nicht. Ebenso wird man auch in *Kroneckers* Vorlesungen über Integralrechnung nichts finden, was von der Darstellung anderer Mathematiker wesentlich abweicht.

Worin besteht also dann der Wert der Machschen Lehren für die Physik?

Da ist nun meine Ansicht die, daß ihr Hauptwert gar nicht darin besteht, daß sie dem Physiker bei seinen physikalischen Arbeiten vorwärtshelfen, sondern daß sie ein Mittel bilden, das Gebäude der Physik gegen von außen kommende Angriffe zu verteidigen.

Wer unbefangen die Begriffe prüft, die heute die Grundlagen des Hypothesensystems der Physik bilden, wird kaum ernstlich behaupten können, daß das Atom, das Elektron oder gar das Wirkungsquantum wirklich befriedigende letzte Bausteine bilden. Jeder ein wenig zu logischer Gründlichkeit neigende Denker wird Unklarheiten in diesen Begriffen aufdecken können. In diese Unklarheiten kann nun die bohrende Skepsis eindringen und das ganze Lehrgebäude der Physik als Grundlage unseres naturwissenschaftlichen Weltbildes zu erschüttern suchen. Da setzt nun *Mach* ein und sagt: Alle diese Begriffe sind nur Hilfsbegriffe. Das Bleibende ist der Zusammenhang der Phänomene. Die Atome, Elektronen und Quanten sind nur Zwischenglieder, um ein zusammenhängendes Lehrgebäude herzustellen; sie ermöglichen es, das unermeßliche System der verknüpften Phänomene logisch aus wenigen abstrakten Sätzen herzuleiten. Aber diese abstrakten Sätze sind dann nichts als die Hilfsmittel zur ökonomischen Darstellung, nicht die erkenntnistheoretische Grundlage. Die Realität der Physik wird also durch die Kritik an den Hilfsbegriffen

[1]) *M. Planck*, Zur Machschen Theorie der physikalischen Erkenntnis, Vierteljahrsschr. für wissensch. Philosophie, Bd. *34*, S. 497 (1911).
[2]) *Study* l. c. S. 39.

niemals erschüttert. Die Arbeit *Machs* ist also nicht, wie es oft dargestellt wird, eine wesentlich destruktive; der Positivismus ist nicht, was ihn *Study* nennt, ein „Negativismus", sondern im Gegenteil der Versuch, der Physik eine unangreifbare Position zu verschaffen. Das erkennt eigentlich auch *Planck* an, wenn er sagt[1]: „Ihm (dem Machschen Positivismus) gebührt in vollem Maße das Verdienst, angesichts der drohenden Skepsis den einzig legitimen Ausgangspunkt aller Naturforschung in den Sinnesempfindungen wiedergefunden zu haben."

Daß *Planck* die Machsche Auffassung so scharf verurteilt, scheint mir daher zu kommen, daß er sie nur vom intern-physikalischen Standpunkt betrachtet.

Man muß allerdings sagen, daß auch von diesem Standpunkte aus gesehen die phänomenalistische Auffassung schon einiges geleistet hat und vielleicht noch einiges zu leisten imstande ist. In den Grenzgebieten der Physik, wo allgemeine Begriffe wie Zeit, Raum und Bewegung hineinspielen, ist es nicht mehr ganz gleichgültig, welche erkenntnistheoretische Stellung man einnimmt. Es ist ja heute allgemein bekannt, daß die Einsteinsche allgemeine Relativitäts- und Gravitationstheorie ganz unmittelbar aus der positivistischen Raum- und Bewegungslehre erwachsen ist, was *Einstein*[2]) selbst in seinem Nachruf auf *Mach* eingehend dargelegt hat.

Im großen und ganzen aber will ich *Planck* und *Study* gerne zugeben, daß der Positivismus für die Erledigung von Einzelfragen der Physik selbst nicht viel leistet, woraus aber seine allgemeine Wertlosigkeit noch nicht folgt. Die „Früchte" der Machschen Lehre sind eben nicht rein physikalische. Wenn man bedenkt, wie in den letzten Jahren versucht worden ist, die Kritik an den physikalischen Grundbegriffen zu einer Bankerotterklärung der naturwissenschaftlichen Weltanschauung überhaupt auszunützen, so wird man das Bestreben *Machs*, die Physik unabhängig von jeder metaphysischen Ansicht zu machen, als wertvoll einschätzen müssen.

H. Poincaré[3]) sagt: „Beim ersten Blick scheint es uns, daß die Theorien nur einen Tag dauern, und daß sich Ruinen auf Ruinen häufen . . . . Wenn man aber genauer zusieht, so erkennt man, daß das, was verfällt, solche Theorien sind, die beanspruchen, uns zu lehren, was die Dinge *sind*. Aber es gibt etwas in ihnen, was fortbesteht. Wenn eine von ihnen uns eine wahre *Beziehung* enthüllt hat, so ist diese *Beziehung* endgültig gewonnen, und man findet sie unter einer neuen Hülle in den anderen Theorien wieder, die in der Folge an ihrer Stelle herrschen werden." Und in ganz entschiedener Weise betont der französische Philosoph *Abel Rey*[1]) die Wichtigkeit der Rettung des physikalischen Ideengebäudes für das gesamte geistige Leben. Er sagt:

„Wenn diese Wissenschaften, welche in der Geschichte wesentlich emanzipatorisch gewirkt haben, in einer Krise untergehen, die ihnen nur die Bedeutung technisch nützlicher Sammlungen läßt, ihnen aber jeden Wert in Beziehung auf die Naturerkenntnis benimmt, so muß dies in der logischen Kunst einen völligen Umsturz bewirken. Die Emanzipation des Geistes, wie wir sie der Physik verdanken, ist ein höchst verderblicher Irrtum. Man muß einen anderen Weg einschlagen und einer subjektiven Intuition, einem mystischen Wirklichkeitssinn, kurz dem Mysterium alles zurückerstatten, was man ihm entrissen zu haben glaubte. Wenn es sich im Gegenteil zeigt, daß nichts dazu berechtigt, diese Krisis als notwendig und unheilbar anzusehen, dann bleibt die rationale und positive Methode die oberste Erzieherin des menschlichen Geistes."

Hier ist sehr deutlich auseinandergesetzt, welche Gefahren eine Physik für die ganze Weltanschauung bedeuten würde, die keine anderen erkenntnistheoretischen Fundamente hätte als jene der Kritik so ausgesetzten Hilfsbegriffe.

Wer noch daran zweifelt, daß *Mach* selbst den eigentlichen Wert seiner Theorien darin gesehen hat, daß sie es gestatten, eine möglichst widerspruchsfreie Verbindung zwischen der Physik einerseits und der Physiologie und Psychologie andererseits herzustellen, braucht nur die allgemeinen Abschnitte der „Analyse der Empfindungen" zu lesen. Hier wird immer wieder betont, daß man sich bemühen müsse, die Physik mit solchen Begriffen zu bearbeiten, die man nicht beim Übergang zu einem Nachbargebiet sofort wieder aufgeben muß.

Aus diesem Streben *Machs*, nur Begriffe zu verwenden, die auch außerhalb der Physik ihre Brauchbarkeit nicht verlieren, ist seine Stellung gegen die Atomistik zu verstehen, die ihm von vielen Physikern besonders übel genommen wird. Die Atomistik führt ja, auf physiologisch-psychologische Probleme angewendet, leicht in eine Sackgasse. Es tauchen Fragen auf wie: Wieso kann ein Gehirnatom denken?, Wieso kann ein Atom Grün empfinden, da es doch eigentlich selbst wieder nur ein Miniaturbild eines makroskopischen, aus Empfindungen zusammengesetzten Körpers ist?

Ich will aber durchaus nicht leugnen, daß *Mach* sich dadurch auch verleiten ließ, die Anwendung der Atomistik in der Physik schärfer zu bekämpfen, als sich rechtfertigen läßt. Denn der Nutzen der Atomtheorien auf diesem beschränkten Gebiet ist wohl unbestreitbar. Seine Anhänger haben nun, wie das schon zu gehen pflegt, oft in dieser Schwäche des Meisters seine Hauptstärke gesehen

[1]) Einheit des physikal. Weltbildes, S. 34.
[2]) Physikalische Zeitschrift, Bd. 17, 1916.
[3]) *H. Poincaré*, Der Wert der Wissenschaft, deutsch von *E.* und *H. Weber*, 2. Aufl., Leipzig, 1910, S. 202.

[1]) *Abel Rey*, Die Theorie der Physik bei den modernen Physikern, deutsch von *Rudolf Eisler*, Leipzig, 1908, S. 18 f.

und die Atome aus der Physik ganz verbannen wollen. Ich glaube, daß man den Kern der Machschen Lehre von dieser mehr historisch und individuell bedingten Abneigung gegen die Atomistik ganz loslösen kann. Die Atome sind eben Hilfsbegriffe wie andere, die in einem begrenzten Kreise mit Vorteil angewendet werden können. Als erkenntnistheoretische Grundlage eignen sie sich nicht. Hat man sich einmal diese Ansicht gebildet, so ist man in der Anwendung der Atome, wo sie zulässig ist, um so freier. Ich glaube, daß gegen den so herausgeschälten Kern auch *Planck* nicht mehr so viel einwenden würde. Es ist dann auch gar nicht mehr so sonderbar, wenn man die Atome, wenn auch nicht deren Realität, für eine Forderung der Ökonomie erklärt. Sie können das einfachste Mittel zur Darstellung der physikalischen Gesetze sein, ohne sich darum zur erkenntnistheoretischen Grundlegung zu eignen.

Im allgemeinen wird also der Phänomenalismus den Physiker in seinem Fach weder besonders fördern noch hindern. So hat *Mazwell*, der wohl rein positivistisch dachte, die grundlegenden Arbeiten über die Molekulartheorie der Gase geschrieben. Eine Gefahr wird die phänomenalistische Auffassung nur dort, wo die Forderung der Ökonomie nicht mit gleicher Intensität erfaßt wird. Das geschichtlich bemerkenswerteste Beispiel dafür ist wohl *Goethes* Farbenlehre. Man darf allerdings, wenn man eine so starke Individualität beurteilen will, nicht vergessen, daß, wie *A. Stöhr*[1]) sehr richtig hervorhebt, die Forderung der Ökonomie je nach der Individualität etwas ganz anderes bedeutet. Für den einen bedeutet sie ein Minimum an Hypothesen, für den anderen etwa ein Minimum an Energiearten. Das erstere gilt für den extremen Phänomenalisten *Goethe*, das letztere für den reinen Mechanisten. Es ist vielleicht noch lehrreich, als Gegenstück hierzu an einen theoretischen Physiker zu erinnern, der als unmittelbarer Schüler *Machs* es versucht hat, wirklich ein Gebäude der Physik und Chemie zu errichten, in dem keinerlei hypothetische Korpuskeln, seien es Atome oder Elektronen, auftreten, und das doch alle bis heute bekannten Phänomene umfaßt. Man kann nicht leugnen, daß *Gustav Jaumann* in zahlreichen Arbeiten[2]) mit starker konstruktiver Kraft diese Aufgabe unternommen hat. Ich glaube aber nicht, daß das Ergebnis wirklich im Geiste der Machschen Lehre ausgefallen ist. Es entspricht wohl der äußerlichen Forderung, daß alle Atomistik wegbleiben soll, aber der Forderung der Ökonomie entspricht es kaum. Es wird eine große Zahl von Konstanten verwendet, über welche die Theorie gar nichts aussagt. Das Jaumannsche System ermöglicht uns also nur in sehr eingeschränktem Maße, die Phänomene aus einer kleinen Zahl von Hypothesen auch dem numerischen Werte nach abzuleiten. Für die Unabhängigkeit der physikalischen Forschung von der erkenntnistheoretischen Grundlage kann man wohl auch noch anführen, daß der energischste Versuch zur Widerlegung der korpuskularen Theorie der Elektrizität, der von *F. Ehrenhaft*, keinerlei Zusammenhang mit philosophischen Lehrmeinungen irgendwelcher Art besitzt.

Ich glaube nun, meine Ansicht über die Bedeutung *Machs* einigermaßen klar gemacht zu haben. Um aber seine Stellung im Geistesleben unserer Zeit völlig zu übersehen, müssen wir einen noch mehr abseits gelegenen Standpunkt aufsuchen, um einen besseren Überblick zu gewinnen.

Wenn wir das bedeutendste Werk *Machs*, seine Mechanik, lesen, so werden wir finden, daß er uns in keinem Abschnitt einen so tiefen Einblick in seine innersten Gedanken und geistigen Neigungen tun läßt, wie in dem wundervollen Kapitel über „theologische, animistische und mystische Gesichtspunkte in der Mechanik". Es weht ein Wind von erfrischender Kühle aus diesen Sätzen. Was sonst meist mit leidenschaftlichem Poltern, oft mit leiser Ankündigung einer kleinen Ketzerverbrennung für den Gegner, behandelt wird, sehen wir hier in echt wissenschaftlichem Geiste durchgesprochen. Und doch zittert durch das Ganze ein Unterton von verhaltener Erregung. Es tritt einem jener von der eigenen Nüchternheit trunkene Zustand entgegen, den man dem Zeitalter der Aufklärung nachgesagt hat. Und *Mach* erblickt auch wirklich in diesem Zeitalter seine geistige Heimat. In dem genannten Kapitel heißt es: „Erst in der Literatur des 18. Jahrhunderts scheint die Aufklärung einen breiteren Boden zu gewinnen. Humanistische, philosophische, historische und Naturwissenschaften berühren sich da und ermutigen sich gegenseitig zu freierem Denken. Jeder, der diesen Aufschwung und diese Befreiung auch nur zum Teil durch die Literatur miterlebt hat, wird lebenslänglich *ein elegisches Heimweh empfinden nach dem 18. Jahrhundert.*"

Die persönlichen Bekannten *Machs* wissen auch, daß er ein eifriger Bewunderer und Leser der Schriften *Voltaires* gewesen ist und von einem seiner ehemaligen Assistenten[1]) wurde mir mitgeteilt, daß *Mach* die Angriffe *Lessings* gegen *Voltaire* auf das entschiedenste mißbilligt hat. Es ist ja auch bekannt, daß der Mann, von dem *Mach* erzählt, daß er lange Zeit der einzige war, mit dem er, ohne Anstoß zu erregen, von seinen physikalisch-erkenntnistheoretischen Ansichten sprechen konnte, daß *Josef Popper* ein ganzes Buch geschrieben hat, das der Verteidigung, ja der Verherrlichung *Voltaires* gewidmet ist.

[1]) *A. Stöhr*, Philosophie der unbelebten Materie, Leipzig, 1907, S. 16 ff.

[2]) *G. Jaumann*, Geschlossenes System physikalischer und chemischer Differentialgesetze, Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften, math.-naturwiss. Klasse, Abt. IIa (1911), und viele andere Arbeiten in denselben Berichten.

[1]) Prof. Dr. *Georg Pick*.

Ich glaube nun, daß *Mach* bei dieser Vorliebe von einer sehr richtigen Selbsteinschätzung geleitet war, und daß man die Rolle, die *Mach* als Philosoph im geistigen Leben der Gegenwart spielt, nur richtig verstehen kann, wenn man seine Lehren auffaßt als die unserem Zeitalter angemessene Aufklärungsphilosophie.

Da diese Auffassung leicht Mißverständnissen ausgesetzt ist, muß ich sie noch näher begründen und ausführen. Zunächst hat das Wort Aufklärung eine so üble Nebenbedeutung bekommen, daß vielleicht mancher in dieser Bezeichnung sogar eine Herabwürdigung *Machs* sehen wird. Wir müssen uns daher etwas über das Wesen der Aufklärung und die Gründe ihrer späteren Mißachtung klar zu werden suchen.

Die erste Periode der Aufklärung in der Neuzeit beginnt mit dem Sturze des ptolemäischen Weltsystems. *Copernicus* sucht noch sein System mit den Begriffen der aristotelisch-scholastischen Philosophie darzustellen. Wenn wir aber den Dialog *Galileis* über die beiden Weltsysteme aufschlagen, klingt uns ein ganz anderer Ton entgegen. Es werden die Grundbegriffe der aristotelischen Physik hergenommen und zerfasert. Bei *Aristoteles* und seiner Schule wurden Begriffe wie leicht und schwer, oben und unten, natürliche und gewaltsame Bewegung, die nur für einen ganz beschränkten Erfahrungsbereich brauchbar waren, zu Grundlagen der ganzen theoretischen Naturlehre gemacht. *Galilei* zeigt nun, daß es gerade dieser Gebrauch von Begriffen über ihren natürlichen Geltungsbereich hinaus ins Ungemessene ist, der die Aristoteliker an der Anerkennung der modernen Physik hindert. Ich will damit nicht die aristotelische Physik herabsetzen, die für ihre Zeit eine ganz hervorragende Leistung war; es liegt mir nur daran, zu zeigen, daß das Aufklärende in *Galileis* Schriften gerade darin bestand, daß er dem Mißbrauch der Hilfsbegriffe eine Grenze zog. Und dieser Protest gegen den Mißbrauch von bloßen Hilfsbegriffen zu allgemein philosophischen Beweisen ist es, den ich für ein wesentliches Kennzeichen der Aufklärung überhaupt halte. Jede Epoche der Physik hat ihre Hilfsbegriffe und jede folgende mißbraucht sie; und in jeder braucht es daher einer neuen Aufklärung, um diesem Mißbrauch entgegenzutreten. Wenn *Newton* und seine Zeitgenossen den Begriff des absoluten Raumes und der absoluten Zeit zu Grundlagen der Mechanik machten, so konnten sie ein großes Gebiet damit treffend und widerspruchsfrei darstellen. Daraus folgt aber noch lange nicht, daß diese Begriffe auch eine erkenntnistheoretisch befriedigende Grundlage der Mechanik bilden. Wenn *Mach* die Grundlagen der Newtonschen Mechanik kritisiert und den absoluten Raum daraus zu entfernen sucht, ist er der direkte Fortsetzer der Wirksamkeit *Galileis*. Denn im absoluten Raum lebt noch ein Rest der aristotelischen Physik. Und wenn *Einstein* an *Mach* anknüpft und nun wirklich in seiner allgemeinen Relativitätstheorie ein Gebäude der Mechanik errichtet, in dem Raum und Zeit eigentlich gar nicht mehr vorkommen, sondern nur die Koinzidenz von Phänomenen, so ist damit die von *Mach* verlangte Elimination der nur in beschränktem Bereiche wertvollen Hilfsbegriffe Raum und Zeit nun wirklich vollzogen. Wir können so in *Einstein* den Ersten sehen, der eine völlig vom Aristotelismus freie Physik begründet hat.

Einen Kampf gegen den Mißbrauch von Hilfsbegriffen sehe ich auch im eigentlichen Zeitalter der Aufklärung. Wenn man von der politischen und sozialen Seite absieht, so wendet sich rein theoretisch betrachtet die Kritik dagegen, daß die theologischen Begriffe, die zur Bearbeitung gewisser seelischer Erlebnisse der Menschen gebildet worden waren, das ganze Mittelalter hindurch und auch noch im Anfange der Neuzeit zu Grundlagen jeder Wissenschaft gemacht wurden. Diese Begriffe mögen das Hoffen und Glauben ringender Menschenseelen noch so treffend wiedergeben, so sind sie doch nur auf dieses Gebiet beschränkte Hilfsbegriffe und nicht geeignet, die erkenntnistheoretischen Fundamente der Naturerkenntnis zu sein. Mit großer Energie drang damals diese kritische Anschauung durch und heute stehen selbst die meisten Theologen schon auf dem Standpunkt, daß die Bibel kein naturwissenschaftliches Lehrbuch ist, ja viele protestantische Theologen lehren noch weitergehend ganz im Sinne der Aufklärung, daß alle theologischen Wahrheiten nur Sätze über innere Erlebnisse sind.

Aber auch die Naturlehre der Aufklärung bedurfte zu ihrem Aufbau der Hilfsbegriffe. So begannen die Begriffe Materie und Atom eine ausschlaggebende Rolle zu spielen. Und sofort wurden auch diese Hilfsbegriffe auf alles in der Welt angewendet; es entstand der sogenannte Materialismus. Man vergaß, daß auch die Materie nur ein Hilfsbegriff war und begann sie für das Wesen der Welt zu halten. Bald setzte auch die Kritik dagegen ein, und während sonst die Kritik gegenüber dem Mißbrauch der Hilfsbegriffe nur dem wissenschaftlichen Fortschritt diente, hatte sie hier noch eine Nebenwirkung. Da die Gedanken des Aufklärungszeitalters vielfach den herrschenden äußeren Gewalten nicht angenehm waren, wurde die Kritik an den Mißbräuchen der Aufklärung benützt, um die Aufklärung selbst zu diskreditieren. Weil die Aufklärer selbst Hilfsbegriffe mißbrauchten, sagte man ihnen nach, daß ihr Protest gegen die theologische Weltanschauung unberechtigt war. Das ist natürlich logisch ganz unhaltbar, denn in Wirklichkeit war eben ihre Kritik nur nicht weit genug gegangen. Wie es aber schon zu gehen pflegt, finden sich immer viele Denker, die so organisiert sind, daß ihr eigenes Denken doch schließlich zu dem von den äußeren Mächten verlangten Ergebnis gelangt. Man suchte die Aufklärung durch Skepsis zu

widerlegen. Sehr treffend sagt *Nietzsche*[1]) über die Teilnahme einiger Philosophen an diesem Werke:

„Der Philosoph gegen den Rivalen, z. B. die Wissenschaft: da wird er Skeptiker; da behält er sich eine Form der Erkenntnis vor, die er dem wissenschaftlichen Menschen abstreitet; da geht er mit dem Priester Hand in Hand, um nicht den Verdacht des Atheismus, Materialismus zu erregen; er betrachtet einen Angriff auf sich als einen Angriff auf die Moral, die Tugend, die Religion, die Ordnung, — er weiß seine Gegner als ‚Verführer' und ‚Unterminierer' in Verruf zu bringen; da geht er mit der Macht Hand in Hand."

In Wirklichkeit wurde aber an der Aufklärung nur das widerlegt, was an ihr nicht Aufklärung war. Trotzdem hat durch das Gewicht der äußeren Umstände diese Herabsetzung der großen Leistungen des 18. Jahrhunderts großen Einfluß gewonnen. Es gibt vielleicht keinen unter uns, in dem nicht durch den Schulunterricht von Jugend auf ein Vorurteil gegen die Aufklärung steckt.

Ich gebe natürlich gerne zu, daß die großen Geister der Aufklärung, ein *Voltaire*, ein *d'Alembert* usw. von zahlreichen flachen Schriftstellern nachgeahmt wurden, die deren Kritik immer mehr verwässerten und bis zur unerträglichen Banalität breittraten, schließlich sogar nur mehr Mißbrauch mit den neuen Hilfsbegriffen trieben. Ich gebe auch gerne zu, daß diese Verflachung zum Wesen der Aufklärung gehört; wenn einmal der Mißbrauch der alten Hilfsbegriffe aufgedeckt ist, bleibt nicht mehr viel Originelles zu sagen übrig; die Versuchung zu öder Trivialität liegt sehr nahe, und die Zahl derer, die ihr zum Opfer fallen, ist groß. Alles das beweist natürlich gegen den Wert der Aufklärungsphilosophie selbst gar nichts.

Wenn man sich einmal von der üblichen Verketzerung freigemacht hat, wird man sagen: die Aufgabe unseres Zeitalters ist es nicht, die Aufklärung des 18. Jahrhunderts zu bekämpfen, sondern ihr Werk fortzusetzen. Seit dieser Zeit ist wieder so viel übertriebene Anwendung von in beschränktem Bereiche brauchbaren ganz neuen Hilfsbegriffen vorgefallen, daß es reichliche neue Arbeit gibt.

Und dieser Arbeit hat sich *Mach* gewidmet. Er bejaht die Aufklärung des 18. Jahrhunderts begeistert; das bedeutet aber nicht, daß er die Hilfsbegriffe des 18. Jahrhunderts wie der Materialismus zu vergöttern beginnt, sondern in ihm lebte der *Geist* jener großen Männer, es trieb ihn dazu, so wie jene die Hilfsbegriffe ihrer Zeit bekämpft hatten, selbst gegen die mißbrauchten Hilfsbegriffe seiner Zeit Protest zu erheben, wobei sich ergab, daß darunter gerade viele Lieblingsbegriffe der Aufklärung des 18. Jahrhunderts waren.

Das meine ich, wenn ich *Mach* den Vertreter der Aufklärungsphilosophie unseres Zeitalters nenne. Da seine Jugend noch in die Zeit des Materialismus fiel, ist es kein Wunder, daß so viele seiner Arbeiten der Bekämpfung der mechanistischen Physik und der Atomistik galten.

Wenn man diese Stellung *Machs* als Aufklärungsphilosoph festhält, wird man viele Züge seiner Lehre und viele ihrer Wirkungen leichter verstehen. Vor allem ihren stark suggestiven Einfluß, man möchte sagen ihre Virulenz, die trotz mancher geringschätziger Urteile von Fachphilosophen sich Beachtung erzwingt. *Study*[1]) nennt den Machschen Positivismus „eine noch völlig ungesättigte Existenz, eine Art von beutehungrigem philosophischen Raubtier." Wie bei den Philosophen der Aufklärung zeigt sich auch bei *Mach*, daß die Anhänger und Fortsetzer eine über das gewöhnliche Maß hinausgehende Tendenz zur Verflachung aufweisen. Auch auf *Plancks* Kriterium von den Früchten gibt uns diese Auffassung eine Antwort: die Früchte der Machschen Lehren sind nicht die Schriften seiner physikalischen und philosophischen Anhänger, sondern die durch ihn bewirkte Aufklärung der Geister, die ja auch *Planck* anerkennt.

Ich will mit alledem nicht etwa bestreiten, daß *Mach* auch noch in anderer Weise Bedeutung hat, aber seine Stellung im allgemeinen Geistesleben unserer Zeit scheint mir so am besten erfaßt werden zu können.

In dieser Auffassung bestärkt mich auch noch die ganz auffallende Übereinstimmung seiner Ansichten mit denen eines Denkers, für den er kaum große Sympathie gehabt haben dürfte, mit *Friedrich Nietzsche*. Auf diese Übereinstimmung hat wohl zuerst *Kleinpeter*[2]) hingewiesen und je mehr man sich besonders in die nachgelassenen Schriften *Nietzsches* vertieft, desto deutlicher tritt einem die Übereinstimmung gerade in den erkenntnistheoretischen Grundgedanken entgegen. Nun ist *Nietzsche* der andere große Aufklärungsphilosoph des ausgehenden 19. Jahrhunderts. Die Harmonie seiner erkenntnistheoretischen Anschauungen mit denen *Machs*, der doch einen ganz anderen Bildungsgang durchgemacht hat, ein ganz anderes Temperament und ganz andere ethische Ideale besaß, scheint mir ein gewisser Beleg dafür zu sein, daß solche Anschauungen sich den aufgeklärten Geistern jener Zeit aufgedrängt haben müssen.

Der große Sprachmeister *Nietzsche* hat nun diese Ideen außerordentlich kräftig und eindrucksvoll formuliert, so wenn er sagt[3]): „Ich sehe mit Erstaunen, daß die Wissenschaft sich heute resigniert, auf die scheinbare Welt

[1]) *Friedrich Nietzsche*, Nachgelassene Werke, Der Wille zur Macht, (Studien und Fragmente), Nr. 248 (aus *Nietzsches* Werken, Bd. *XV*, Leipzig, 1901).

[1]) *Study* l. c. S. 24.

[2]) *H. Kleinpeter*, Der Phänomenalismus, Leipzig, 1913.

[3]) *Nietzsche*, l. c. Nr. 289.

angewiesen zu sein: eine wahre Welt — sie mag sein, wie sie will — jedenfalls haben wir kein Organ der Erkenntnis für sie. Hier dürfte man schon fragen: mit welchem Organ der Erkenntnis setzt man auch diesen Gegensatz nur an?.... Damit, daß eine Welt, die unseren Organen zugänglich ist, auch als abhängig von diesen Organen verstanden wird, damit, daß wir eine Welt als subjektiv bedingt verstehen, damit ist *nicht* ausgedrückt, daß eine objektive Welt überhaupt möglich ist. Wer wehrt uns zu denken, daß die Subjektivität real, essentiell ist? Das ‚An sich' ist sogar eine widersinnige Konzeption: eine ‚Beschaffenheit an sich' ist Unsinn: wir haben den Begriff ‚Sein', ‚Ding' immer nur als Relationsbegriff.... Das Schlimme ist, daß mit dem alten Gegensatz ‚scheinbar' und ‚wahr' sich das korrelative Werturteil fortgepflanzt hat: ‚geringer an Wert' und ‚absolut wertvoll'...“

Und an einer anderen Stelle sagt *Nietzsche*[1]): „Daß die Dinge eine Beschaffenheit an sich haben, ganz abgesehen von der Interpretation und Subjektivität, ist eine ganz müßige Hypothese: es würde voraussetzen, daß das Interpretieren und Subjektsein nicht wesentlich sei, daß ein Ding aus allen Relationen losgelöst noch Ding sei.“

Am prägnantesten spricht *Nietzsche*[2]) wohl die positivistische Weltauffassung in dem folgenden „zur Psychologie der Metaphysik“ benannten Aphorismus aus, wo mit schneidender Schärfe die Anwendung sehr häufig mißbrauchter Begriffe bekämpft wird: „Diese Welt ist scheinbar: *folglich* gibt es eine wahre Welt; — diese Welt ist bedingt: *folglich* gibt es eine unbedingte Welt; — diese Welt ist widerspruchsvoll: *folglich* gibt es eine widerspruchslose Welt; — diese Welt ist werdend: *folglich* gibt es eine seiende Welt; — lauter falsche Schlüsse: (blindes Vertrauen in die Vernunft: wenn A ist, so muß auch sein Gegensatzbegriff B sein).“

Es ist nicht zu leugnen, daß in der Aufklärungsphilosophie ein tragischer Zug steckt. Sie zertrümmert die alten Begriffsgebäude, aber indem sie ein neues errichtet, legt sie schon den Grund zu einem neuen Mißbrauch. Denn es gibt keine Theorie ohne Hilfsbegriffe und jeder Hilfsbegriff wird notwendig mit der Zeit mißbraucht. Der Fortschritt der Wissenschaft spielt sich in ewigem Ringen ab; die schöpferischen Kräfte müssen mit Notwendigkeit auch verderbliche Keime schaffen und die Aufklärung zertrümmert in dem Bewußtsein, selbst zur Zertrümmerung bestimmt zu sein. Und doch ist es dieser rastlose Geist der Aufklärung, der die Wissenschaft vor Verknöcherung in einer neuen Scholastik schützt. Wenn die Physik eine Kirche werden soll, ruft *Mach* aus, so will ich lieber kein Physiker heißen. Und in paradoxer Zuspitzung vertritt *Nietzsche*[1]) die Sache der Aufklärung gegen die selbstzufriedenen Besitzer einer dauernden Wahrheit: „Die Behauptung, daß die *Wahrheit da sei*, und daß es ein Ende habe mit der Unwissenheit und dem Irrtum, ist eine der größten Verführungen, die es gibt. Gesetzt, sie wird geglaubt, so ist damit der Wille zur Prüfung, Forschung, Vorsicht, Versuchung lahmgelegt: er kann selbst als frevelhaft, nämlich als Zweifel an der Wahrheit gelten.... Die ‚Wahrheit' ist folglich verhängnisvoller als der Irrtum und die Unwissenheit, weil sie die Kräfte unterbindet, mit denen an Aufklärung und Erkenntnis gearbeitet wird.“

Von diesen Kräften aber war um die Jahrhundertwende *Mach* eine der gewaltigsten.

[1]) l. c. Nr. 291.
[2]) l. c. Nr. 287.

Periodische Erscheinungen beim Blühen tropischer Gewächse.

Prof. Dr. F. A. F. C. Went, Utrecht.

Wenn im Frühling unsere Obstbäume mit ihren Blüten prangen, hat wohl mancher sich abgefragt, woher diese Pracht zu ganz bestimmter Zeit? Jedermann weiß ja, daß man die verschiedenen Bäume und Sträucher zu ihrer Zeit blühend finden kann, zuerst den Haselstrauch, später die Weiden, die Ulmen und so in ununterbrochener Folge, bis die Linden unter unsern einheimischen Bäumen die Reihe schließen. Die Lehre der Phänologie gründet ihre Rechte ja eben auf diese wohlbekannten Tatsachen. Es war auch selbstverständlich, daß man schon seit alten Zeiten diese fest bestimmte Blütezeit durch unser periodisch wechselndes Klima zu erklären suchte. Dabei wurde in erster Instanz an die Temperatur gedacht und es wurden selbst sogenannte Temperatursummen bestimmt, welche für das Aufblühen der verschiedenen Bäume charakteristisch sein würden.

Schon *Sachs* hat auf das Absurde dieser Bemühungen hingewiesen, und eigentlich verurteilt diese ganze Methode sich selbst, indem es sich herausgestellt hat, daß für das Aufblühen nicht die Temperatur allein bestimmend ist. Bekanntlich kann man ja allerlei Zweige, wenn man sie im Februar oder März ins Gewächshaus bringt, durch die höhere Temperatur zum Blühen bringen, während dies nicht gelingt, wenn man dieselbe Manipulation im November oder Dezember ausführt. Ebenfalls ist bekannt, daß man auf diese Ruheperiode Einfluß ausüben kann durch verschiedene Verfahren, z. B. durch Äther (*Johannsen*) oder durch warmes Wasser (*Molisch*) usw. Das Frühtreiben des Flieders beruht ja auf dieser Behandlungsweise.

Es fragte sich nun, ob die Periodizität des Blühens unserer Bäume ausschließlich erklärt werden konnte durch unser periodisches Klima.

[1]) l. c. Nr. 252.

Die Frage mußte aber allgemeiner gefaßt werden, indem nicht allein das Austreiben der Blütenknospen, sondern auch dasjenige der Blattknospen, der Blattfall, die Jahresringbildung, und überhaupt alles mögliche Periodische der Pflanze hinzugezogen wurde. Bekanntlich hat in den letzten Jahren besonders *Klebs* sich bemüht, zu zeigen, daß diese innere Periodizität den Pflanzen abgeht, daß alles Periodische, was bei Pflanzen beobachtet wird, ihre Erklärung finden kann in dem periodischen Wechsel der verschiedenen äußeren Bedingungen. Andere Forscher, wie *Simon* und *Volkens*, sind entgegengesetzter Meinung.

Dabei wird die Beweisführung oft derart gehalten, daß die Äquatorialgegenden beigezogen werden, und zwar teilweise wegen der Art des Verhaltens europäischer Bäume, welche in die Berge der Tropen verpflanzt wurden, und teils wegen des Verhaltens der tropischen Bäume selbst. Nun muß dazu bemerkt werden, daß man in sehr vielen tropischen Gegenden ebenfalls eine Periodizität im Klima beobachten kann, zwar nicht oder kaum was die Temperatur betrifft, aber gewöhnlich sehr deutlich im Betreff der Feuchtigkeitsverhältnisse; infolgedessen lassen sich oft eine Regenzeit und eine Trockenzeit unterscheiden. Selbst in Buitenzorg auf Java, wo wohl die meisten derartigen Beobachtungen gemacht wurden, ist dieser Unterschied sehr gut wahrnehmbar; es ist nicht ein ewigfeuchtes Klima, wie bisweilen behauptet wird. Und wenn man genauer hinsieht, so gibt es wohl kaum irgendein Klima auf Erden, welches wirklich so gleichmäßig ist, wie hinsichtlich derartiger Untersuchungen erwünscht wäre.

Nun gibt es aber Erscheinungen in den Tropen, welche zwar auffallend periodisch sind, aber in keiner Weise von dieser großen jährlichen Periode verursacht werden können, indem ihre Periode dazu viel zu kurz ist. Ich meine hiermit Erscheinungen, welche man bei gewissen tropischen Blüten beobachtet. Diese sieht man in einer bestimmten Gegend bei allen Individuen einer bestimmten Art fast gleichzeitig zutage treten; das trifft z. B. zu beim Kaffee, dessen schneeweiße Blüten auf einmal in einer Gegend sich öffnen, so daß eine ganze Plantage mit Blüten prangt, um dann bald wieder zu verschwinden. Es gibt auch eine andere Pflanze, wo diese ganze Erscheinung noch viel auffälliger ist. Nicht allein jeder Botaniker, der die malayische Inselwelt, speziell Java besucht, hat diese rätselhafte Pflanze gesehen, sondern auch Laien sind derart darauf aufmerksam geworden, daß die Pflanze von den europäischen Bewohnern dieser Gegend selbst einen Namen erhalten hat (auf holländisch „duifjes", auf englisch in den Straits-Settlements „pigeon-Orchid").

Es handelt sich um eine kleine epiphytische Orchidee, welche vielfach im Westen des malayischen Archipels auf den Baumzweigen sich angesiedelt hat, und welche zu bestimmten Zeiten kleine weiße Blüten hervorbringt, welche nur ein kurzes Bestehen haben; morgens früh blühen sie auf, am folgenden Tage sind sie schon abgewelkt. Das Merkwürdige ist nun die Koinzidenz des Blühens vieler Pflanzen in derselben Gegend. In Buitenzorg z. B. findet man an einem bestimmten Morgen auf einmal alle Bäume wie weiß beschneit durch die Blüten des „Dendrobium crumenatum"; diese verbreiten außerdem ein feines Aroma, was sich in der ganzen Gegend bemerklich macht; am folgenden Tage ist die ganze Pracht verschwunden. Dann dauert es Wochen, bis auf einmal wieder eine ähnliche Blütenmenge hervorbricht, und diese Erscheinung wiederholt sich öfters in einem Jahre. Von den Beobachtungen hierüber, welche zusammen mit Herrn Dr. *Rutgers* in Buitenzorg ausgeführt wurden, mag folgende Übersicht gegeben werden[1]).

Um eine nähere Einsicht in diese merkwürdige Erscheinung zu bekommen, war es erst einmal notwendig, genau zu beobachten, wo sich Blüten bildeten und an welchen Tagen dies geschah. Die Triebe dieser Orchidee sind an der Basis dünn, dann findet man einige verdickte Glieder, welche zusammen eine Stengelknolle bilden, und der obere Teil des Triebes ist wieder dünn; dort trifft man die grünen Blätter an, wovon der untere Teil den Stengel scheidenförmig umgibt, während die Scheiben senkrecht vom Stengel abstehen. Nach der Spitze des Stengels hin findet man endlich nur scheidenförmige Blätter, in deren Achseln die Blütenstände stehen. Die Achse dieser Blütenstände bleibt unentwickelt; infolgedessen stehen die Blüten gedrängt zusammen.

Das sieht man aber nur selten, indem sich an dem Blütenstand gewöhnlich nur eine einzige Blüte zu gleicher Zeit öffnet; viel weniger findet man zwei Blüten, noch viel seltener mehrere an einem Blütenstande. Es fragte sich nun, ob bei jeder Blüteperiode dieselben Blütenstände ihre Blüten öffneten, oder ob irgendeine Regelmäßigkeit hierin aufzufinden war. Es stellte sich heraus, daß sich hierfür überhaupt keine Regel aufstellen ließ. Das eine Mal sieht man an demselben Blütenstand zwei- oder dreimal hintereinander sich Blüten öffnen, das andere Mal nicht. Das gilt nicht allein für die einzelnen Blütenstände, sondern auch für die Triebe einer Pflanze, ja selbst für die ganzen Pflanzen. Es gibt

[1]) *M. Treub*, Quelques observations sur la végétation de l'Ile de Java. Comptes-Rendus des Séances de la Société de Botanique de Belgique. T. *XXVI*. 2e Partie 1887 p. 182.

J. Massart, Un botaniste en Malaisie. Bulletin de la Soc. Royale de Bot. de Belgique. T. *XXXIV*. 1895 1e partie p. 173. 174.

F. A. F. C. Went, Die Periodizität des Blühens von Dendrobium crumenatum Lindl. Ann. du Jardin Bot. de Buitenzorg. Supplément *II* (1898) p. 73—77.

A. A. L. Rutgers und *F. A. F. C. Went*, Periodische Erscheinungen bei den Blüten des Dendrobium crumenatum Lindl. Ann. du Jardin Bot. de Buitenzorg. 2e Série, Vol. *XIV* (1915), p. 129—160.

Pflanzen, welche fast bei jeder Blüteperiode ihre Blüten entfalten, andere, welche es nur hin und wieder tun, noch andere, welche fast nie blühen. Jede mögliche Kombination kann hier angetroffen werden, und daraus geht jedenfalls schon soviel hervor, daß man nicht von einer Periodizität sprechen kann, welche der Pflanze mit Notwendigkeit innewohnt. Es hängt offenbar von allerlei anderen Umständen ab, ob sich Blüten entfalten werden oder nicht.

Wie steht es nun mit der Zeit zwischen zwei Blüteperioden? Läßt sich hierbei eine Regelmäßigkeit beobachten? Es wurde in Buitenzorg während mehrerer Jahre aufgezeichnet, wann sich Blüten entfalteten, daneben auch auf die mehr oder weniger reichliche Blütenbildung geachtet, teilweise sogar die Blüten an 135 Pflanzen gezählt. Es stellte sich nun heraus, daß die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Blüteperioden sehr verschieden sein kann. Als Minimum wurde verzeichnet 4 Tage, dann wurde bisweilen gefunden 10 Tage oder mehr, im Maximum 94 Tage. Es scheinen mehr Blüteperioden im regnerischen Westmonsun, weniger im trockenen Ostmonsun zu liegen; indessen war der Unterschied nicht groß, was vielleicht damit zusammenhängt, daß in Buitenzorg auch der Unterschied zwischen den beiden Monsunen nicht sehr ausgeprägt ist.

Wenn man die Zahl der blühenden Pflanzen und die Zahl der Blüten bei jeder Blüteperiode bestimmt, dann stellt sich heraus, daß diese außerordentlich stark wechseln; bisweilen findet man nur hin und wieder eine einzelne Blüte, an anderen Tagen prangt alles in schönster Blütenpracht. Von 78 Pflanzen blühten z. B. am 21. Januar 1912 63 Stück, am 29. September desselben Jahres deren 56; dagegen am 10. April und am 31. Dezember des nämlichen Jahres 8 resp. 4 Pflanzen. Die genannten 78 Pflanzen standen nicht alle an demselben Standort; einige waren mehr der Sonne ausgesetzt, andere standen mehr im Schatten. Es schien, als wenn die Zahl der Blüten durch den Standort bestimmt wurde; es war z. B. der 28. August ein günstiger Tag für die im Schatten sich entwickelnden Pflanzen, der 29. September dagegen für die Pflanzen an schattigem Standort. Das erhellt aus den folgenden Zahlen, welche die mittlere Blütenzahl angeben für diejenigen Pflanzen, welche Blüten zum Öffnen gebracht hatten, und zwar die erste Zahl für den 25. August, die zweite für den 29. September. Die Zahlen betrugen an sehr sonnigem Standort 7,7 und 20,2, an schattigem Standort 10,7 und 5,2, und an sehr schattigem Standort 7,7 und 2,2.

Um noch einmal einen Eindruck zu geben von der außerordentlich großen Verschiedenheit der Pflanzen und der Blüteperioden, lasse ich hier einige Zahlen folgen. In der ersten Spalte sind die Nummern der verschiedenen Pflanzen angegeben, in jeder Horizontalreihe findet man für jede betreffende Pflanze die Zahl der Blüten, welche sie resp. am 21. Januar, 10. April, 20. April, 9. Mai, 29. Mai, 25. August, 29. September und am 31. Dezember zum Öffnen gebracht hatte:

Nr.								
1	30	0	0	35	10	12	20	0
2	20	0	10	12	10	0	30	0
4	0	0	0	4	0	4	4	0
10	40	0	24	50	28	75	25	0
11	20	0	1	0	15	20	18	25
14	3	0	0	0	0	0	5	0
22	14	0	0	0	0	1	3	0
23	7	4	8	2	11	5	11	0
25	0	0	0	0	4	35	1	1
29	1	0	0	0	0	0	0	0
30	20	3	0	10	0	40	7	1
34	0	0	0	0	0	0	0	0
49	4	0	2	0	0	3	8	3
66	8	1	6	2	36	40	12	0
77	0	0	0	2	1	7	0	0

Etwas ganz Ähnliches wurde beobachtet, als eine Anzahl Pflanzen nach Europa transportiert und hier in einem Gewächshaus des Utrechter botanischen Gartens weiter kultiviert wurden. Nur waren die Umstände hier offenbar weniger günstig; infolgedessen war die Zahl der blühenden Pflanzen viel geringer, und im Winter trat überhaupt kein Blühen auf. Zweitens kann jetzt schon bemerkt werden, daß die Blütetage nicht übereinstimmten mit denen in Buitenzorg; es wird noch näher darauf zurückzukommen sein.

Alles, was bis jetzt mitgeteilt wurde, macht es schon wahrscheinlich, daß die äußeren Umstände eine Rolle spielen bei dem Aufblühen des Dendrobium crumenatum. Um darüber weiter Sicherheit zu erlangen, wurde an verschiedenen Orten des Indischen Archipels eine Untersuchung angestellt, wann das Blühen dieser merkwürdigen Orchidee dort stattfand; verschiedene Beobachter haben dabei mitgewirkt, und es ergab sich bald, daß diese Tage an verschiedenen Orten nicht dieselben sind. Für die ersten Monate des Jahres 1913 wurden z. B. die hier folgenden Blütetage für die dabei angegebenen Orte mitgeteilt: Weltevreden (ein Vorort Batavias) 1. Januar, Medan (in Deli, an der Ostküste Sumatras) 9. Januar, Tandjong Pandan (auf der Insel Biliton) 14. Januar, Surakarta (in der Mitte Javas) 25. Januar, Weltevreden 29. Januar, Meester Cornelis (ein anderer Vorort Batavias) 3. Februar, Weltevreden 5. Februar, Klaten (in der Nähe Surakartas) 7. Februar, Wonosobo (ebenfalls in der Mitte Javas) 20. Februar, Meester Cornelis 3. März, Meester Cornelis 14. März, Weltevreden 14. März, Menes (in der Nähe Batavias) 14. März, Buitenzorg 24. März, Maos 26. März, Klampok 26. März und Bandjarnegara 26. März. Die drei letztgenannten Orte liegen alle im Flußtale des Serajuflusses im mittleren Teile Javas, und die Koinzidenz der Blütetage ist wohl mehr als ein Zufall, sondern eine Folge der gleichen klimatischen Verhältnisse; gleiches gilt sicherlich

auch für die Blütezeit von Meester Cornelis, Weltevreden und Menes am 14. März.

Jetzt wurden Pflanzen von anderen Orten nach Buitenzorg übergebracht und ihre Blütezeiten dort notiert. Es waren Pflanzen von Purbolinggo, Klaten, Wonosobo, Menes und Medan. Während diese das erste Mal bisweilen eine andere Blütezeit hatten wie diejenigen, welche in Buitenzorg heimisch waren, ließ sich bald kein Unterschied mehr auffinden. Umgekehrt war eine Dendrobiumpflanze von Buitenzorg nach Medan übergebracht; diese blühte dort am 9. Januar 1913, an demselben Tage wie die in Medan heimischen Dendrobien.

Ein ähnliches Verhalten ließ sich beobachten bei den Dendrobien, welche nach Utrecht übergebracht waren; dieselben hatten, wie schon erwähnt, dort andere Blütetage als in Buitenzorg. Aber außerdem stellte sich heraus, daß in zwei verschiedenen Gewächshäusern desselben Gartens, welche verschieden waren in betreff der Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse, die Blütezeiten bisweilen verschieden waren. Diese Beobachtung ist deshalb wichtig, weil es ja aus dem vorherigen zur Genüge hervorgeht, daß es die äußeren Umstände sind, welche das Öffnen der Knospen veranlassen, weil aber die Art dieser Umstände sich jetzt etwas genauer präzisieren läßt. In diesen beiden Gewächshäusern konnte nämlich nichts anderes verschieden sein, als die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit; die Beleuchtung war kaum verschieden.

Durch die Freundlichkeit der Herren Kollegen *Fitting* in Bonn, *Simon* in Göttingen und *Hans Winkler* in Hamburg wurden auch einige Daten erhalten über das Blühen der dortigen Pflanzen von Dendrobium crumenatum. Es waren naturgemäß nur ganz wenige Exemplare; infolgedessen ist die Zahl der Blütetage auch viel geringer wie in Utrecht. Gewöhnlich koinzidieren diese Tage nicht, dreimal wurde aber ein gleichzeitiges Blühen konstatiert, nämlich am 10./12. September 1913 und am 3./4. Mai 1915 in Hamburg und in Utrecht, am 10./12. Mai 1913 in Bonn, Hamburg und in Utrecht. Dieses Zusammentreffen kann man wohl kaum dem Zufall zuschreiben, es muß irgend eine Erklärung dafür gefunden werden. Ich komme gleich näher darauf zu sprechen, muß aber erst noch bemerken, daß ich hier Blütezeiten von mehr als einem Tag angegeben habe. Die Sache verhält sich nämlich derart, daß in europäischen Gewächshäusern nicht mehr so scharf die eintägige Blütezeit innegehalten wird wie in den Tropen. Nicht nur findet man oft bestimmte Pflanzen, welche einen Tag früher oder später blühen, wie die Mehrheit der übrigen, sondern man findet selbst hin und wieder an demselben Sproß einige Blüten an einem bestimmten Tage geöffnet, die übrigen am nächsten Tage, wenn die ersten schon abgewelkt sind.

Eine genauere Betrachtung belehrt uns alsbald, daß die Blüten auch in den Tropen in Wirklichkeit nicht alle zu gleicher Zeit aufblühen; einige öffnen sich während der Nacht, andere sehr früh morgens, noch andere etwas später. Je mehr die äußeren Umstände ungünstig sind, desto mehr wird diese Periode in die Länge gezogen. Dabei darf man es sich nicht derart vorstellen, als ob jede Blüte eine ganz bestimmte Zeit geöffnet bleibt. Zwar dauert auch hier die Blütezeit der meisten Blüten ungefähr gleich lange, man muß aber ausdrücklich sagen ungefähr; es kommen zahllose Abweichungen vom Mittel vor, welche offenbar ebenfalls teilweise durch die äußeren Umstände bedingt werden.

Alles, was bis jetzt behandelt wurde, läßt sich nun sehr gut erklären, wenn man annimmt, daß die Blütenknospen bei Dendrobium crumenatum sich entwickeln, bis sie ein verhältnismäßig weit vorgeschrittenes Stadium erreicht haben, und daß sie hierin verhalten, solange nicht eine ganz bestimmte Konstellation von günstigen äußeren Umständen sich auftut. Es liegt irgendeine Hemmung vor, welche gehoben werden muß, wenn die Knospe sich weiter entwickeln soll.

Welche Umstände das sind, kann vorläufig außer Betracht gelassen werden, weil man die ganze merkwürdige Erscheinung erklären kann, auch wenn man diese nicht kennt. Sobald ja diese Umstände sich auftun, werden alle Knospen, welche sich in einem bestimmten Stadium befinden, in einigen Tagen (in Utrecht etwa sechs) zum Öffnen gelangen. Es können das viele oder wenige Knospen sein, und dadurch erklärt sich die große Verschiedenheit in den Blüteperioden, ebenso wie der Unterschied zwischen den verschiedenen Pflanzen.

Wie erklärt sich nun aber das Zusammentreffen der Blütezeiten in Bonn, Hamburg und Utrecht? Ich lege mir das folgendermaßen zurecht. Während des Winters haben sich allmählich eine ganze Anzahl Knospen so weit entwickelt, daß, im Fall günstige Umstände sich vortun, eine ganze Menge Knospen sich öffnen werden. Wenn nun sonniges Wetter eintritt, wird die Sonne den Gewächshäusern auf einmal eine viel höhere Temperatur geben, als die gewöhnliche des Winters, welche nur der Heizung zu verdanken war. Wenn im Westen des Kontinents sonniges Wetter herrscht, wird diese Ursache in Bonn, Hamburg und in Utrecht in derselben Weise wirken. Das war nun eben bei den vorher genannten Frühjahrsperioden der Fall, wie die meteorologischen Daten bezeugen können. Das herbstliche Zusammentreffen vom 10./12. September 1913 in Hamburg und Utrecht vermag ich nicht zu erklären.

Es fragt sich jetzt, ob auch näher angegeben werden kann, welche äußeren Umstände das Öffnen der Knospen veranlassen. Eine sichere Antwort läßt sich bis jetzt nicht geben. Versuche, in dieser Richtung unternommen, haben kein Resultat geliefert. Eine genauere Betrachtung der

Umstände, welche den Blüteperioden in Utrecht und Buitenzorg vorangingen, ließ es wahrscheinlich erscheinen, daß in Utrecht die Temperatur eine Rolle spielt, wenn sie nicht ausschließlich für das Öffnen verantwortlich zu machen ist. In Buitenzorg scheint dagegen die Feuchtigkeit eine größere Rolle zu spielen, wenigstens in solchen Zeiten, wo eine längere Trockenperiode vorangegangen war. Es braucht nicht zu befremden, wenn das eine Mal der eine, das andere Mal der andere Umstand die Auslösung bewirkt; dasselbe findet man ja in allen Fällen, wo ein Lebensprozeß von mehreren äußeren Bedingungen bestimmt wird.

Es fragt sich nun noch, ob in der Organisation der Blütenknospen irgendeine Einrichtung gefunden wird, welche es erklärlich macht, daß die Knospen während einer gewissen Zeit ihrer Entwicklung eine Hemmung erfahren. Wenn man einen Blütenstand zergliedert, findet man, daß die Blüten, solange sie sich im Knospenzustande befinden, von geschlossenen Scheiden, welche äußerst schwer für Flüssigkeiten permeabel sind, eingehüllt werden; man kann diese Knospen einige Tage lang in Alkohol liegen haben, ohne daß derselbe durch die Knospenhüllen eingedrungen wäre. Wenn die Blütenknospen noch sehr jung sind, liegen sie, von Schleim eingehüllt, innerhalb dieser Hüllen; dieser Schleim vertrocknet später und die Knospen wachsen heran, bis sie die Hüllen ganz ausfüllen. Dann tritt eine Hemmung der Entwicklung ein, wobei dahingestellt sein mag, ob hier an eine mechanische Hemmung durch die Knospenhüllen gedacht werden muß. Wenn einmal diese letzten Hüllen durchbrochen sind, verläuft die weitere Entwicklung außerordentlich rasch, in den Gewächshäusern in Utrecht in etwa acht Tagen. Alle Teile der Blüte lagen schon fast fertig vor, es mußten nur noch die letzten Streckungsphasen durchlaufen werden, bis das Öffnen der Blüten stattfinden kann.

In gewisser Hinsicht ist die Erscheinung bei Dendrobium crumenatum nicht so grundverschieden von dem Verhalten anderer Orchideen. Dort findet ja gewöhnlich auch ein zeitliches Zusammentreffen des Blühens verschiedener Pflanzen statt, das aber nicht so augenfällig ist, weil die Blütezeit meistens länger dauert, oft Tage, selbst Wochen lang. Die eine Blüte öffnet sich dann wohl einen oder mehrere Tage vor der anderen. Denkt man sich diese ganze Erscheinung auf einen Tag zusammengedrängt, dann werden die Tage des letzten Satzes zu Stunden und wir haben das Verhalten des Dendrobium crumenatum. Es wurde oben ja schon bemerkt, daß die Koinzidenz der Blütezeiten weniger groß ist, wie es auf den ersten Blick scheint, wenn man darauf achtet, daß die Blüten sich allmählich im Laufe mehrerer Stunden öffnen, und daß diese Zeit sich verlängert, je ungünstiger die äußeren Umstände sind.

Wir können noch weiter gehen und konstatieren, daß zwischen dem Dendrobium crumenatum und den Winterknospen der Bäume der temperierten Zonen eine gewisse Übereinstimmung besteht; diese werden lange vor der Blüte angelegt, entfalten sich aber erst, wenn die äußeren Umstände dazu zwingen. Nur werden die letzten Entwicklungsphasen weniger rasch durchlaufen und infolgedessen besteht ein größerer Spielraum in der Entfaltungszeit.

Wenn wir hier zuletzt wieder angelangt sind bei der Besprechung der europäischen Frühlingsblüten, womit wir diesen Aufsatz anfingen, so mag dennoch gesagt werden, daß Generalisierung hier jedenfalls verfrüht ist; man verfügt auf diesem Gebiet noch über viel zu wenig gut konstatierte Tatsachen.

Aus der Zoologischen Station Rovigno (Adria).

8. Die Karstlachen (Laghi, Lokven) im Roten Istrien, und die Malariagefahr.

1. „Der *Karst* ist", so setzt der Geologe *Lukas Waagen* auseinander, „jenes unwirtliche Gebirge, welches sich in der Gegend des Isonzolaufes aus den Südalpen entwickelt und mit ausgesprochenem SO-Streichen Oberkrain, Istrien, Dalmatien, Bosnien, die Herzegovina und Montenegro bis zum Skutarisee durchzieht und so die Adria an ihrer Ostseite begleitet. In ganz Europa wird man kaum einen Landstrich finden, welcher auf engem Raum Gegensätze schroffer einander gegenüberstellt als das genannte Gebirge, das, überwiegend aus kulturfeindlichen Kreide-, seltener Triaskalken aufgebaut, in Muldenzügen schmalere oder breitere Streifen von Sandstein und Mergel umschließt, welche das Auge nicht selten durch eine subtropische Vegetationsfülle erfreuen. — So steht der Karst nicht nur geographisch, sondern auch nach seiner Vegetation in der Mitte zwischen Mitteleuropa und den subtropischen Gebieten. Die Beziehungen zu jenem gehen aber noch weiter: Trockentäler sind im Karst etwas sehr Gewöhnliches, und in der regenlosen Hitzeperiode verwandeln sich weite Flächen zu Sommerwüsten, ja sogar die befruchtenden Nilüberschwemmungen haben ihr verkleinertes Abbild in den alljährlichen Frühjahrsüberflutungen der Poljen."

„Mit dem Bilde des Karstes verbindet sich bei jedem, der dies Gebirge einmal gesehen, sofort der Begriff der Wasserlosigkeit. Soweit die Verbreitung der Kalke reicht, gibt es ja nur ausnahmsweise Flußgerinne an der Oberfläche, und in den Sandsteinzügen können sich naturgemäß, deren geringer räumlichen Verbreitung wegen, nur kleinere Wasserläufe entwickeln, die überdies in der mehrmonatigen Trockenperiode des Sommers vollständig verschwinden. Um so auffallender mag da die Tatsache berühren, daß gerade die Karstgebiete zu den niederschlagsreichsten Ländern gerechnet werden müssen. Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt z. B. für ganz Rußland 400 mm, für Deutschland 600 mm und für Frankreich 800 mm. In Istrien wird dagegen schon an der Westküste eine jährliche Regenhöhe von 800 bis 1000 mm verzeichnet, die dann im Triester- und Tschitschenkarst bis 1800 mm ansteigt und im Mt. Maggiore sogar mehr als 3000 mm beträgt. Vielleicht der steinigste und unfruchtbarste Abschnitt des ganzen Karstes, die be-

rüchtigte Krivotschie nördlich von Cattaro, mit ihrer 4360 mm jährlichen Regenmenge, ist die an Niederschlägen reichste Gegend Europas. Diese Niederschläge erscheinen jedoch auf die verschiedenen Jahreszeiten recht ungleich verteilt; Sommer und Winter sind im allgemeinen trocken, wogegen Frühjahr und besonders Herbst ausgesprochene Regenzeiten sind. Dabei ist nicht so sehr die Anzahl der Regentage auffallend als die Wolkenbrüche, die in kürzester Zeit oft unglaubliche Regenmassen zur Erde fallen lassen. So fielen im Jahre 1901 einmal während 84 Minuten mehr als 70 mm und 1876 während eines Tages 154 mm, während 1898 in Fiume an einem Tage 234 mm und 1892 im Verlaufe von etwas mehr als 48 Stunden 515 mm Niederschlag gemessen wurde. Dieser Umstand bringt es mit sich, daß die istrischen Flüsse alljährlich mehrmals Hochwasser führen, das in den letzten Jahren bei Quieto, Reka und Arsa gleichmäßig über 4 m stieg. Auch zahlreiche dem Karste eingesenkte Ebenen, die sog. Poljen, werden alljährlich überschwemmt und dadurch auch häufig ihre Fruchtbarkeit begründet, so daß sie hierin eine gewisse Ähnlichkeit mit den weiten Gefilden des Nils besitzen: bleibt in einem Jahre die Überschwemmung aus, so ist die Folge eine Mißernte."

2. In dem Antlitz der *Markgrafschaft Istrien* ist das Karstbild in drei deutlich gesonderten Zügen ausgeprägt: in dem aus nacktem, porösem Kalkstein gebildeten Hochkarstzuge, der von Doberdo herüberkommt und zum Monte Maggiore ansteigt, als *Weißes Istrien* (Istria bianca), in der fruchtbaren Sandsteinmulde, die breit zwischen Triest und Salvore anhebt und sich immer verschmälernd bis in die Gegend des Tschepitschsees erstreckt als *Graues Istrien* (Istria grigia), und in der pultartig geneigten und mit roter Verwitterungskrume überdeckten Kreidekalkplatte, die das ganze südliche Dreieck der Halbinsel ausmacht, als *Rotes Istrien* (Istria rossa). Jene gewaltigen Wassermengen, die im Jahreslaufe auf die Landschaft niederfallen, erscheinen jedoch nur in den Sandsteingebieten als Quellen und Flüsse wieder, im Hochkarst und im Roten Istrien versinken sie fast schon im Augenblick des Aufschlagens in dem klüftigen Gestein. Die wenigen Flußgerinne, die dennoch in die Kreidekalkgebiete einbrechen, fließen auf Alluvialboden dahin, oder ihre Wassermengen sind so groß, daß die Schlünde sie nicht fassen können. Welche Wege die verschluckten Wasser im Innern des Gebirges einschlagen, ist nicht mehr und nicht weniger dunkel als die Wege es sind, die die Lymphe im Wirbeltierkörper zieht. Im Hochkarst ahnen wir bereits wichtige Teile des Kanalnetzes in seinen Hohlräumen tief drunten, und auch im Roten Istrien steht es außer Frage, daß Karstgerinne in seinem Innern ab- und ansteigen, sich stauen und überstürzen, sich trennen und wiederfinden. An einigen wenigen Punkten in der Istria rossa ist es auch schon gelungen, durch Brunnenschächte an Wasseradern heranzukommen, der weitaus größte Teil aber des inneren Wasserreichtums scheint noch auf lange hinaus unerschließbar zu sein.

3. Die Art, wie sich der Karstner von alters her in solcher Not hilft, ist primitiv genug. Er schafft sich so viel Dachflächen als er vermag und leitet von dorther alle Regengüsse in *Zisternen* zusammen. Den Wasservorräten seiner Zisternen entnimmt der Bürger das ganze Jahr hindurch das Wasser, das er zum Trinken, Kochen und Waschen nötig hat, und von den Vorräten seiner Gehöftzisternen zehrt der Bauer zusamt seinem Vieh, besonders dann, wenn die Dürrezeit kommt, wo es draußen „nicht einmal mehr Wasser genug für eine Träne gibt", und stündlich die Gefahr wächst, daß ihm auch der letzte sorglich gehütete Tropfen dahinschwindet . . .

4. In der Feldflur gewinnt der Bauer auf eine noch weit simplere Weise das ihm so nötige Wasser. Dort kleidet er einfach eine natürliche Bodensenkung, die er etwa in einer Weggabelung oder am Rande der Campagna findet, mit Lehmschlag aus und sammelt darin alle die Wässerchen auf, die bei Regen aus den Wegen und von den Ackerflächen zusammenrinnen. Nicht selten entstehen solche Tümpel wohl auch von selbst, indem das von der Terrarossa einer Dolinensohle festgehaltene Grundwasser an einer nur mit dünner Erdkruste überdeckten Stelle zutage tritt. Mit solchen Tümpeln ist das Land weithin übersät. *Laghi* (Einzahl lago) nennt sie der Italiener, *Lokven* (Einzahl Lokva) der slawische Istrianer (Lusche würde der Schlesier sagen und sich mit dieser Wortbildung ebenfalls an lacus anlehnen). Es gibt Laghi von der Größe eines Tränkeimers und Lokven von dem Umfang von Hunderten von Geviertruten. Einige von den größeren verzeichnet die österreichische Spezialkarte (1 : 75 000). Es sind das Tümpel, deren Ränder mit Schilf und Binsen bestanden sind, in denen Laichkräuter, Froschlöffel, Nymphäen, Ruppien, Iris gedeihen, Schildkröten leben, Ringelnattern auf Frösche jagen und selbst Wasserhühner lärmen. Solche Tümpel haben oft bestimmte Namen. Die demnächst kleineren Lachen, die im Maßstab der Karte schon nicht mehr darstellbar sind, sind häufiger nur mit Algen durchwuchert und beherbergen oft die altertümlichen *Apus-* und *Branchipus*krebse oder sind mit *Daphnien-* und *Cyclops*schwärmen erfüllt. Sie und noch mehr die unübersehbaren Scharen der kleinen und kleinsten Tümpelchen, von deren Existenz nur der Eingeweihteste weiß, sind zugleich die Brutstätten der *Anopheles*mücken, der Überträger der Malariaerreger. Selten, man kann wohl sagen niemals ist das Wasser in diesen Karstlachen so klar, daß man den Grund sehen könnte, immer ist es von schwebenden Lehmteilchen gelb oder von Terrarossa rot gefärbt. „Mehrmals des Tags wird das Vieh dorthin zur Tränke getrieben und vermengt den aufgewühlten Schlamm mit seinen Exkrementen, und die gleichen Lokven liefern gleichzeitig den Umwohnern das Nutz-, Koch- und Trinkwasser!"

Das ist ein vernichtender Spruch, und man wird sich nicht wundern, wenn *Lukas Waagen* an einer anderen Stelle rät, man solle alle Lokven verschütten.

5. Womit soll dann aber der Bauer den notwendigsten Wasserbedarf bestreiten?

Zunächst steht es jedoch nicht durchaus und nicht überall so schlimm um die Verunreinigung des Wassers, und dann kann auch etwas dagegen getan werden.

Über den Wert einiger Wasserproben aus zwei Tümpeln in der Feldflur Val dei specieri von Rovigno hat der verstorbene Berliner Gerichtschemiker *Bischoff* geurteilt: für das Vieh unbedenklich verwendbar, für den Menschen, wenn nichts Besseres da ist, auch. Der eine der Tümpel liegt am Rande der Reichsstraße nach Vila, und der andere in der Gabelung eines Karrenwegs weiter drinnen im Felde. Beide sind in der Besiedlung mit Tieren und Pflanzen sowie in der Farbe des Wassers grundverschieden.

Von außen frisch nach Istrien verpflanztes Hornvieh muß sich erst an das Trinken aus den Laghi gewöhnen, nimmt dann aber das Wasser ohne weiteres und auch ohne Schaden an. Die Tiere wie die Menschen genießen von dem Wasser selbst dann, wenn seine Ober-

fläche gemäß den neuen gesetzlichen Bestimmungen zum Schutz gegen die Malariamücken mit Petroleum überschichtet ist. Sie blasen das Petroleum weg und trinken dann.

Dieses „Petrolisieren" tritt der Malariagefahr jedoch nur mit halber Kraft entgegen. Denn das Öl verschwindet in kürzester Zeit wieder von der Tümpeloberfläche. In den größeren Tümpeln schieben es die Winde hin und her oder werfen es ans Ufer, wo es in der Erde versinkt oder an der Sonne verdunstet, und in allen Tümpeln lagert sich sehr bald ein beträchtlicher Teil des Öls unten am Boden ab. Die mineralischen Bestandteile des Wassers, die feinen Schlammteilchen der roten Erde, hängen sich an die Fetttröpfchen, beschweren sie und reißen sie schließlich zu Boden, wo sie aufgeschichtet oder unter übergelagertem Schlamme begraben werden. Wieweit solche Öllager auf den Charakter der Lokven verändernd einwirken, entzieht sich noch der Kenntnis, gewiß ist indessen bereits das andere, daß das Öl nur *ganz* kurze Zeit gegen die Mückenlarven schützt[1]). Darum sollte das „Petrolisieren" der Tümpel eingestellt werden.

6. Zudem *gibt* es, so scheint mir, ein Mittel, das die Malariamückenlarven in den Lachen wirklich restlos bekämpft. Wenn man dem Lichte, den Winden und der Sonne den Zutritt zu den Tümpeln verwehrt und ferner achtgibt, daß am Grunde der Lachen kein Faulschlamm entstehen kann, so ist der Entwicklung der Anophelen — wie aller anderen Stechmücken — das Ende gesetzt. Das geschieht auf die einfachste Weise so, daß man die Lachen mit einem lockeren, wasserdurchlässigen Sande anfüllt. Als den dafür geeignetsten Sand empfehle ich den Muschelsand aus der Bucht von Medolino. Die Muschelsande der istrischen Westküste sind mit feinem Kies und Schlamm durchsetzt und darum zu dicht und zu schwer. Der Muschelsand von Medolino läßt das Wasser so leicht fahren, daß er schon in dem Augenblicke, wo man ihn mit der Hand heraushebt, nahezu trocken ist. Er erhöht allerdings beim Einfüllen den Wasserspiegel eines Gefäßes um ein Drittel und verlangt also eine geringe Vertiefung oder Verbreiterung der Lokva, wenn sie die gleiche Wassermenge halten soll wie früher. Er wirkt zu gleicher Zeit als Filter für die von den Straßen und Äckern zufließenden Regenwässer und *verbessert* damit das Wasser der Lokva.

Wie der Gedanke von Fall zu Fall auszugestalten ist, wie man die Lokven nach Bedarf vergrößern, vertiefen, mit Zement abdichten, mit Brunnenkrönung, mit Pumpwerk und Wassereimern zum Tränken des Viehes versehen kann, ist Sache technischer Erwägungen. Techniker haben mir versichert, daß die Idee brauchbar sei, Ärzte haben sie warm befürwortet und Hygieniker mir gesagt, daß sie auch für Ostfriesland verwertbar sei. Es ist daher meine volle Überzeugung, daß die Malaria in Istrien mit Aussicht auf durchschlagenden Erfolg *auf diese Weise* und vielleicht nur auf diese Weise bekämpft werden kann.

Bis dahin, wo die Zeit gekommen ist — aber sie ist noch fern und Hilfe tut not —, daß die Wasserbautechniker den istrischen Ortschaften die inneren Wasserreichtümer des Karstes erschlossen haben, wird die *Zisternen-Lokva* dem kleinen Bauern von großem Segen geworden sein. Denn außerdem, daß sie ihm billig und bequem ein sonst nutzlos verrinnendes Wasser zur Verfügung stellt, schützt sie ihn von Stund an gründlich vor Malaria und selbst Typhus.

[1]) Gewiß ist überdies auch das, daß nur ein ganz kleiner Teil aller Laghi den Malariatilgungskommissionen bekannt wird, und daher immer wieder Mücken aus Tausenden von verborgenen Winkeln hervorkommen müssen.

Literatur.

Lukas Waagen (Wien), Karsthydrographie und Wasserversorgung in Istrien. Zeitschrift für praktische Geologie, Juli 1910.

Norbert Krebs, Die Halbinsel Istrien. Landeskundliche Studie. Leipzig 1907.

Otto N. Witt, Narthekion. Nachdenkliche Betrachtungen eines Naturforschers. Neue Folge. Berlin 1904. Seite 161.

C. Engler, Die Entstehung des Erdöls. Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung, *1.* Bd., Berlin und Wien 1910.

Rovigno, den 2. Dezember 1916.

Dr. Thilo Krumbach.

Botanische Mitteilungen.

Kreuzung oder Mutation die mutmaßliche Ursache der Polymorphie? (*Lotsy, Zeitschr. f. indukt. Abstl. XIV*, 1915.) Die kritische Studie des Verfassers bringt nichts Neues, sondern sie berichtet nur zusammenfassend über die Bedenken, die schon von verschiedenen Seiten gegen die Mutationstheorie überhaupt und gegen die Interpretierungen, die *de Vries* seinen Versuchen gegeben hat, vorgebracht worden sind. *de Vries* stützt bekanntlich seine theoretischen Anschauungen im wesentlichen auf die Experimente mit Oenothera Lamarckiana. Beweiskraft könnte diesen Versuchen aber nur zukommen, wenn sichergestellt wäre, daß Oe. Lamarckiana wirklich artrein ist. Dieser Nachweis ist aber nicht zu erbringen, da die Pflanze regelmäßig die von *de Vries* entdeckten „Mutationsformen" abspaltet. Es ist also nicht ausgeschlossen, daß es sich um einen Bastard handelt. Für diese Auffassung können verschiedene Punkte ins Feld geführt werden, insbesondere, daß Pollen und Ovula von Oe. Lamarckiana zu einem erheblichen Prozentsatz steril sind, und daß auch die Nachkommen der Mutanten nicht konstant bleiben. Wenn bei der Aufspaltung der Mutanten und bei ihrer Rückkreuzung mit der Ausgangsform keine einfachen Mendelschen Zahlen auftreten, so kann dies sehr wohl an ihrer komplizierten heterozygotischen Konstitution liegen. Auch die verschiedenen Chromosomenzahlen der Mutanten besagen nichts, da ja schon bei gewöhnlicher Bastardierung dieselben Erscheinungen auftreten. *de Vries* nimmt nun weiterhin an, daß nicht alle Gattungen gleich stark zur Bildung von Mutationsformen neigen, sondern daß eine Aufspaltung nur unter besonderen Umständen eintritt, wenn nämlich durch irgendwelche äußeren Bedingungen die Mutalität erregt wird. Dann zerfällt gewissermaßen eine Spezies in zahlreiche Arten, die sich zu einem größeren Formenkreis zusammenschließen. Als Beispiele derart nennt *de Vries* die Gattungen Rosa, Rubus, Hieracium, Salix, Draba und Viola. Über die Rosaarten liegen noch keine näheren Untersuchungen vor. Rubus dagegen ist von *Lidforß* eingehend bearbeitet, und dieser Forscher konnte feststellen, daß die Rubusarten sich sehr leicht bastardieren lassen, und daß die Kreu-

zungsprodukte durchaus fertil sind. Die hierbei auftretenden Formen zeigen weitgehende Übereinstimmung mit den schon lange bekannten elementaren Brombeerarten. Auf Grund dieser Tatsachen gelangte *Lidforß* zu dem Schluß, daß bei der Bildung dieses Formenkreises Bastardierungen in hohem Maße beteiligt waren. Über die Hieraciumformen hat schon *Mendel* gearbeitet, und er fand, daß die F_1-Generation polymorph ist, daß jedoch in den weiteren Generationen die einzelnen Typen konstant bleiben. Diese letztere Erscheinung beruht darauf, daß die Hieraciumbastarde apogam sind, und daher die Unmöglichkeit einer konstitutionellen Änderung nicht mehr besteht. Wir sehen hier also einen Weg, wie durch Kreuzung eine Fülle neuer konstanter Formen entstehen kann. Es würde zu weit führen, hier noch auf Salix, Draba verna und Viola tricolor einzugehen. Im Prinzip ergaben die Versuche immer dasselbe: das schöpferische Moment scheinen spontan aufgetretene Kreuzungen zu sein. So verläuft also die Kritik im wesentlichen negativ, freilich nur in dem Sinne, daß das vorläufige Tatsachenmaterial die Mitwirkung der Mutationen bei der Artbildung nicht streng zu beweisen vermag. Man muß sich aber hier vor voreiligen Schlüssen und Verallgemeinerungen hüten. Es ist durchaus möglich, daß Mutationen bei der Stammesentwicklung der Organismen wirksam waren, und daß es uns bisher nur noch nicht geglückt ist, solche einwandfrei nachzuweisen. Irgendwann müssen doch einmal die Faktoren, die den Genotypus bedingen, entstanden sein, und wenn wir uns eine Vorstellung von dem Entwicklungsgang der Lebewesen machen wollen, dann leistet die Mutationstheorie, wenn auch mit einigen neueren Erfahrungen entsprechenden Abänderungen, von allen Erklärungsversuchen die besten Dienste.

Eine bemerkenswerte Knospenvariation der Feuerbohne nebst allgemeinen Bemerkungen über Allogonie. (*Reinke, Ber. d. d. bot. Ges.* Bd. *33*, 1915.) Während normalerweise die Farbe der Blüten dem Namen der Pflanze entspricht, traten ganz unvermittelt bei einem Individuum des Kieler botanischen Gartens weiße Blütenstände auf. Aber nicht alle Infloreszenzen der Pflanze zeigten diese Abweichung, vielmehr waren die Blüten der unteren Stengelregion und auf der einen Seite des oberen Teils von der typischen Farbe. Offenbar handelte es sich um eine durch Anthocyanverlust bedingte Knospenvariation. Auch die Samen der weißen Blüten weisen ein besonderes Verhalten auf, insofern die Samenschale im Gegensatz zu der gewöhnlichen Marmorierung rein weiß gefärbt war. Sowohl die Nachkommenschaft der weißen als auch die der roten Blüten wurde geprüft. Die roten Blüten ergaben alle durchaus normale Pflanzen: 9 weiße Samen dagegen lieferten neben 2 roten Deszendenten 7 ausschließlich weißblühende Exemplare. Es war also Spaltung eingetreten, die sich in der nächsten Generation bei den Nachkommen der rein weißen Samen wiederholte. Soweit die Tatsachen. Es handelte sich nun darum, eine Erklärung dafür zu finden. Da eröffnen sich zwei Wege. Entweder war die Pflanze, bei der die weißen Infloreszenzen sprunghaft entstanden, kein Bastard, und dann liegt eine Knospenmutation — oder wie *Reinke* sich vorsichtiger, um das vieldeutige Wort „Mutation" zu vermeiden, sagt, eine Knospenallogonie — vor, die darin bestand, daß in einem bestimmten Sektor des Individuums die Fähigkeit, Anthocyan zu bilden, plötzlich verloren ging. Es wäre also ein ähnlicher Fall wie der, den *Correns* beobachtete, wo bei einer buntblättrigen Pflanze von Mirabilis Jalapa unvermittelt normal grüne Seitenäste auftraten. Oder aber, die Pflanze war ein Bastard, und die Spaltung in die elterlichen Komponenten ist nicht erst bei der Keimzellenbildung — also nach dem normalen Verlauf —, sondern schon im vegetativen Lebensgange erfolgt. Danach hätten wir es mit einem „Mosaikbastard" zu tun. Eine Sicherheit ließ sich in dieser Beziehung nicht erlangen, doch neigt *Reinke* zu der Ansicht, daß es sich um eine Allogonie handle. An diese Erörterungen schließt sich eine Betrachtung über die Bedeutung der Allogonien im allgemeinen an. Es ist gar nicht notwendig — und nach der Auffassung des Verfassers nicht einmal wahrscheinlich —, daß alle Allogonien gerade in den Geschlechtszellen eintreten. Es gibt ja — ganz abgesehen von den Bakterien — auch recht hochstehende, reich differenzierte Pflanzen, bei denen dies nicht der Fall sein kann. Hierher gehört die Alge Caulerpa, bei der bisher geschlechtliche Fortpflanzung nicht nachgewiesen werden konnte. Wie anders sollen hier die zahlreichen scharf umrissenen Arten entstanden sein als durch Knospenvariation. Und tatsächlich ist auch bei einer hierher gehörenden Form, C. plumaris, ein solcher Fall schon beobachtet worden. Es trat an einer dem Typus entsprechenden zweizeiligen Pflanze plötzlich ein dreizähliger Seitensproß auf. Das ist deshalb bemerkenswert, weil hier offenbar nicht wie bei der weißblühenden Phaseolus multiflorus von dem Verschwinden eines Merkmals gesprochen werden kann. Man hat nämlich immer wieder darauf hingewiesen, daß fast alle bisher beobachteten Allogonien als Verlustallogonien anzusehen sind. Wäre dem allgemein so, dann könnte man nicht einsehen, wie sich die Organismenwelt in aufsteigender Linie bewegen sollte.

Die Verwertung des Abnormen und Pathologischen in der Pflanzenkultur. (*H. Molisch*, Vortr. d. Ver. z. Verbreitg. naturw. Kenntn. in Wien, *56*, 1916.) In einem kurzen Vortrag führt *Molisch* aus, wie das, was vom Standpunkt der Pflanze aus gesehen als abnorm oder pathologisch erscheint, mitunter gerade das Ziel gärtnerischer oder landwirtschaftlicher Züchtung wird. Diese Tatsache wird durch eine Reihe von Beispielen erläutert. Hierher gehört z. B. die bei vielen Zierpflanzen vorhandene sogenannte Panaschierung, die sich darin äußert, daß die Blätter ein weiß und grün oder gelb und grün gesprenkeltes Aussehen besitzen. Diese Erscheinung kommt dadurch zustande, daß an den verblaßten Stellen das Chlorophyll nicht oder nur mangelhaft ausgebildet ist. Da nun gerade das Chlorophyll bei der Ernährungstätigkeit der Pflanze eine hervorragende Rolle spielt, so scheiden die hellen Partien von der Stoffproduktion aus, und damit hängt es auch zusammen, daß total panaschierte Pflanzen nicht existenzfähig sind. Worauf die Panaschierung im einzelnen beruht, ist noch nicht eindeutig klargestellt. In manchen Fällen handelt es sich um eine infektiöse Erkrankung, die bei Pfropfungen auch auf die Unterlage übertragen werden kann. Als weiteres Beispiel führt *Molisch* die „Vergeilung" an. Diesen Vorgang, der beim Aufenthalt normal grüner Pflanzen im Dunkeln einsetzt und ebenfalls mit einer Unterdrückung der Chlorophyllbildung verbunden ist, kann man sehr leicht beim Auskeimen von Kartoffeln im Keller beobachten. Da die vergeilten Gewebe sich vielfach durch große Zartheit und Weiche auszeichnen, so spielt die künstliche Vergeilung in der Gemüsezucht eine große Rolle. So

werden die Spargelsprosse, wenn sie die Erdoberfläche erreichen, mit hohen Tonglocken zugedeckt und die dicht stehenden Blätter der Endivie werden zu einem Schopf zusammengebunden. So kommt im Innern durch die Verdunklung das vergeilte „Herz" zustande. Durch Selektion ist es dann gelungen, Salatformen mit ungemein dichter, eng zusammenschließender Beblätterung zu erzielen, die also von selbst einen Kopf bilden (Kopfsalat). Von den weiter angeführten Belegen (Trauerbäume, Verbänderung, Blütenfüllung, Blütendurchwachsung usw.) soll hier nur noch auf einen hingewiesen werden: „die Jungfernfrüchtigkeit" (Parthenokarpie). Es ist schon lange bekannt, daß manche Kulturpflanzen schöne, große Früchte ansetzen, ohne befruchtet zu sein (Banane, Gurke). Sie besitzen zwar keine keimfähigen Samen und müssen vom Züchter künstlich auf vegetativem Wege vermehrt werden. Aber gerade dieser Mangel kann in besonderen Fällen von großem Vorteil sein (Kernobst, Steinobst). So geht schon lange das Streben der Landwirte dahin, kernlose Äpfel zu kultivieren, und das ist in manchen Fällen auch schon gelungen. Leider sind aber bis jetzt bloß die Kerne geschwunden, nicht aber das vielleicht noch störendere Gehäuse. Auch die Birnen- und Pflaumenzucht hat schon ähnliche Erfolge zu verzeichnen: die sogenannte kernlose Pflaume besitzt Steine von weicher Beschaffenheit und es wird vielleicht gelingen, die Steinbildung vollständig zu unterdrücken. Auf diesem Gebiet ist also noch viele weitere Arbeit erforderlich.

Über die experimentelle Erzeugung von Pflanzen mit abweichenden Chromosomenzahlen. (*Hans Winkler, Zeitschr. f. Bot. 8,* 1916.) An die Entdeckung, daß Oenothera gigas, die von *de Vries* aus O. Lamarckiana gezüchtete Riesenmutante, in ihren Kernen doppelt soviel Chromosomen besitzt als die Mutterform, schlossen sich bald weitere interessante Beobachtungen an, die zutage förderten, daß in dem Formenkreis der Gattung Oenothera vielfach den Änderungen in der Gestalt solche im Chromosomensatz parallel gehen. Damit erhob sich naturgemäß die Frage, ob die Änderung der Chromosomenzahl ebenso wie die gleichzeitige Wandlung der sonstigen Eigenschaften nur ein Ausfluß des „Mutationsvermögens" ist, oder ob nicht vielleicht die Vermehrung des Chromosomensatzes als primärer Vorgang anzusehen ist, der eben die Gesamtheit der „Gigas"-Merkmale (Vergrößerung der Zellen, hohe Statur, kräftiger Wuchs usw.) nach sich zieht. Wäre dies der Fall, so hätten wir damit einen wichtigen Beleg für die Abhängigkeit äußerer Merkmale von der Kernstruktur. Eine Sicherheit darüber war aber erst zu erwarten, wenn es gelang, experimentell Individuen mit verdoppeltem Chromosomensatz herzustellen. Über solche Versuche berichtet *Winkler*. Seine Methode beruhte auf der Überlegung, daß eine Verdoppelung der Chromosomenzahl wahrscheinlich durch Kernverschmelzung zustande käme. Solche Verschmelzungen werden sich aber besonders leicht an den Verwachsungsstellen von Pfropfungen vollziehen; andererseits haben frühere Arbeiten von *Winkler* gezeigt, daß dann, wenn man bei Solanumkeilpfropfungen das aufgesetzte Reis an der Verwachsungsnaht durch einen glatten Schnitt abtrennt, aus der Wundfläche zahlreiche Adventivknospen hervorwachsen. Es bestand also die Möglichkeit, daß diese Adventivbildungen unter Umständen ihren Ausgang von einer Zelle nehmen konnten, in der Kernverschmelzung und damit Chromosomenverdoppelung eingetreten war. Dann mußten alle Zellkerne des Schößlings diese vermehrte Chromosomenzahl besitzen. Tatsächlich ist es *Winkler* gelungen, unter einem sehr großen Beobachtungsmaterial solche Adventivsprosse zu finden, die dann als Setzlinge zu selbständigen Individuen gezogen werden konnten. Von der größten Bedeutung ist es nun, daß alle diese Pflanzen die typischen Merkmale der Gigasformen trugen. Und da eine solche morphologische Umgestaltung einzig und allein an den Adventivsprossen erkennbar war, die einen verdoppelten Chromosomensatz aufwiesen, so schließt *Winkler* mit Recht, daß die Gigaseigenschaften ein Ausfluß der Chromosomenverdoppelung sind. Diese Erfahrungen dürfen wohl auch auf die Oenotheraformen übertragen werden, und es ist wahrscheinlich, daß das Vermögen, Gigasformen zu bilden, unter den höheren Pflanzen weiter verbreitet ist. Dies ist das eine wichtige Resultat der Arbeit. Im weiteren Verfolg gelangte *Winkler* aber noch zu anderen, sehr bemerkenswerten Feststellungen. Es zeigte sich nämlich, daß in den verschiedenen Geweben eines Individuums die Chromosomenzahlen keineswegs so konstant sind, als man bisher angenommen hat. Diese Tatsache ist der Beobachtung bisher wohl deshalb entgangen, weil die zytologische Untersuchung sich hauptsächlich auf embryonale Zellen erstreckte. *Winkler* untersuchte nun die Kerne in verschiedenen differenzierten Geweben (Mark, Kollenchym usw.) und fand dabei neben Zellen, in denen bloß 1—3 überschüssige Chromosomen vorhanden waren, auch solche mit doppeltem bis achtfachem Chromosomensatz. Ein derart abweichendes Verhalten fordert natürlich zu einer Erklärung heraus, und *Winkler* denkt dabei an die Beziehungen zwischen Kern- und Zellgröße. Daß eine solche besteht, ist ja seit langem bekannt. Wächst eine Zelle über das normale Maß hinaus, dann bleiben ihr zwei Möglichkeiten: entweder Vermehrung der Kerne (einzellige Algen, die oft viele Meter lang werden, Milchröhren der höheren Pflanzen) oder aber Vergrößerung des Kerns unter Vermehrung des Chromosomenbestands. Ein prinzipieller Unterschied zwischen diesen zwei Wegen besteht nicht, da nach *Winklers* Ansicht die Kerne mit einem Vielfachen des normalen Chromosomensatzes durch Verschmelzungsvorgänge zustande kommen. Beachtung verdient nach dieser Richtung, daß für die Gigasformen gerade die erhebliche Zellgröße eines der charakteristischsten Merkmale ist. Es wäre äußerst wünschenswert, wenn die Untersuchungen *Winklers* über die Schwankungen der Chromosomenzahlen innerhalb eines einzelnen Individuums auf möglichst zahlreiche Objekte ausgedehnt würden. Sollte es sich dabei herausstellen, daß es sich hier um eine weit verbreitete Erscheinung handelt, so ist damit die Chromosomentheorie (besonders nach ihren vererbungstheoretischen Abzweigungen) trotzdem in keiner Weise gefährdet, da ja die Wandlungen des Chromosomenbestands außerhalb der Keimbahnen liegen und die Konstanz von Generation zu Generation somit erhalten bleibt.

P. Stark, Leipzig.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.